С. А. ХОРОШАВИН

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ В КУРСАХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ФИЗИКИ

УЧПЕДГИЗ
1963

С. А. ХОРОШАВИН

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ В КУРСЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ФИЗИКИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
Москва 1963

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автоматика как общее понятие возникла давно, но только в последние десятилетия она начала практически широко входить в жизнь. В настоящее время автоматика достигла такого уровня развития, что автоматизация производственных процессов стала важнейшим направлением технического прогресса.

Значительно разработана теория автоматических устройств, создана техническая база автоматизации. Автоматика начала внедряться не только в промышленное, но и в сельскохозяйственное производство. Назрела необходимость ознакомления учащихся средней школы с новой техникой. В ответ на требования жизни Министерство просвещения включило в курс электротехники раздел, посвященный автоматике.

Однако основная масса учителей не имеет технического образования и поэтому теоретически слабо подготовлена к преподаванию нового раздела курса электротехники.

Многочисленная литература по автоматике рассчитана на подготовленного читателя и имеет узкоспециальное назначение.

Настоящее пособие имеет своей целью оказать помощь учителей в преподавании раздела «Элементы автоматики и автоматические устройства» курсов электротехники и физики средней школы.

Первая глава пособия знакомит с основными положениями автоматики. Она ни в коей мере не может претендовать на полноту и глубокое проникновение в существо вопроса. С ее помощью учитель может лишь познакомиться с основными средствами автоматики и направлением их развития. Предполагается, что в дальнейшем

учитель глубже познакомится с теорией и техникой автоматики, изучая специальную литературу.

При работе над первой главой автор придерживался в основном программы раздела «Элементы автоматики и автоматические устройства». Таким образом, некоторые материалы первой главы могут быть использованы учителем в преподавании теоретической части нового раздела.

Надо сказать, что название раздела, как он озаглавлен в программе курса электротехники («Элементы автоматических устройств»), не соответствует его содержанию. Фактически программа предусматривает ознакомление учащихся не только с элементами автоматических устройств (датчики, реле, преобразователи и т. д.), но и с самими устройствами (устройства автоматического контроля, защиты, управления, регулирования). Поэтому будет правильным изменить название раздела, озаглавив его так, как это мы сделали выше.

Во второй и третьей главах пособия содержатся методические рекомендации учителю, знакомящему учащихся с автоматизацией производственных процессов. Причем упор сделан на демонстрационный эксперимент. Из всех возможных демонстраций отобраны лишь те, которые с наименьшей затратой сил, времени и средств могут быть поставлены в любой школе.

Предлагаемая методика была проверена в ходе опытного преподавания в школах № 23 и 35 города Кирова и в школах № 1 и 7 города Кызыла.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА — ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Роль автоматики в современном производстве

Главная экономическая задача советского народа состоит в том, чтобы в течение двух десятилетий создать материально-техническую базу коммунизма, которая характеризуется высоким уровнем развития производительных сил на основе технического прогресса.

Сущность технического прогресса при социализме заключается в замене старой техники новой, а новой — новейшей, в беспрерывной, все возрастающей замене ручного труда машинным.

Машины намного повышают производительность труда и тем способствуют непрерывному росту материального и культурного уровня трудящихся.

В своем докладе на XXI съезде партии «О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг.» товарищ Н. С. Хрущев подчеркнул: «Успешно решить задачи семилетнего плана можно только на основе широкого внедрения новой техники, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, специализации и кооперирования во всех отраслях народного хозяйства» (Материалы внеочередного XXI съезда КПСС, Госполитиздат, 1959, стр. 23).

На XXII съезде Коммунистической партии была поставлена задача ликвидировать тяжелый ручной труд, завершив комплексную механизацию производственных процессов в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, на погрузочно-разгрузочных работах и т. д.

Комплексная механизация — это механизация всех связанных друг с другом стадий процесса производства.

Высшей ступенью механизации является автоматизация производства, т. е. применение машин-автоматов. На автоматических установках человек производит лишь пусковые и наладочные операции, периодически осматривает автоматы и налаживает их работу.

В результате последовательной комплексной механизации создаются особенно благоприятные условия для широкого внедрения автоматизации производственных процессов.

Важное значение имеет применение средств автоматики в энергетике, в металлургии и других отраслях народного хозяйства.

Особенно велика роль автоматики в решении таких крупнейших задач науки и техники, как овладение атомной энергией и завоевание космического пространства. Полет советских космических ракет, оснащенных самыми совершенными электронными приборами и устройствами, представляет собой одно из чудес современной автоматики.

Но автоматика не сразу достигла той высоты, на которой она находится в настоящее время. Многие идеи и принципы, на которых построена современная автоматика, были открыты очень давно. Еще за два века до нашей эры Герон Александрийский в своей книге «Театр автоматов» описал ряд автоматических устройств.

Конечно, это была автоматика, не имевшая прикладного производственного значения. Она служила лишь целям забавы или обмана верующих. По своему характеру автоматика этого периода была автоматикой механической.

Задачи автоматизации производственных процессов первоначально решались путем механического силового связывания отдельных рабочих частей.

Говоря о периоде зарождения и развития кинематической автоматики, нельзя не вспомнить работы выдающегося русского механика Нартова, имеющие большое принципиальное значение. В 1718—1729 гг. Нартов создал копировально-токарный станок с автоматическим суппортом. В станке было осуществлено автоматическое программное управление процессом резания. Для получения изделий нужной формы достаточно было настро-

ить станок и привести его движущиеся части в равномерное движение при помощи центрального привода. В настоящее время подобные задачи решаются с применением следящих систем, в которых с копиром соприкасается чувствительный элемент, а процесс резания или фрезерования осуществляется специальным инструментом, обрабатывающим деталь.

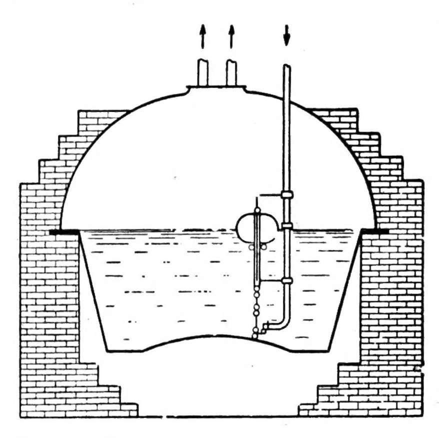


Рис. 1. Регулятор уровня Ползунова.

В 1934 г. в СССР В. С. Вихман предложил систему фотоэлектрического автоматического копирования изделий по чертежу.

Мировое и отечественное регуляторостроение начинает свою историю с момента изобретения в 1765 г. Ползуновым статического авторегулятора прямого действия * для регулирования уровня воды в котле изобретенной им же паровой машины. Авторегулятор Ползунова имел поплавковый датчик, который управлял при помощи тяги клапаном водовпускной трубы (рис. 1).

Член-корреспондент Российской Академии наук Павел Иванович Шиллинг впервые использовал электрический ток для передачи действия на расстояние, произведя в 1812 г. взрыв порохового заряда.

Василий Фомич Петрушевский в 60-х годах прошлого столетия разработал автоматическую электрическую

* Подробнее об авторегуляторах смотрите в § 4.

дальномерную установку, «гальванический передатчик» показаний дальномерного орудийного устройства и несколько приборов для контроля состояния мин. Петрушевским же были созданы первые механические контрольные автоматы для проверки патронов по размерам и пуль по весу.

Трудно даже перечислить все работы русских ученых и инженеров в области автоматики. Достаточно назвать имена Вышнеградского, автора работ «О регуляторах прямого действия», «Об общей теории регуляторов», Лачинова, изобретателя регулятора напряжения, Апостолова и Фейденберга, создавших первую в мире автоматическую телефонную станцию на 10 000 номеров, и многих-многих других, чтобы стало ясно, что Россия внесла значительный вклад в дело развития автоматики.

Таким образом, автоматизация производственных процессов — результат длительного развития техники.

Сущность автоматизации производства была вскрыта Марксом в «Капитале» при анализе развития машинного производства: «Когда рабочая машина выполняет все движения, необходимые для обработки сырого материала без содействия человека, и нуждается лишь в контроле со стороны рабочего, мы имеем перед собой автоматическую систему машин, которая, однако, поддается дальнейшему усовершенствованию в деталях» (К. Маркс, Ф. Энгельс, Соч., т. 17, стр. 419).

Маркс дал характеристику автоматизации на заре машинного производства. С тех пор автоматика достигла такой степени развития, что обслуживающий персонал в ряде случаев только налаживает установки, определяет технологический режим работы и контролирует его при помощи специальных аппаратов и приборов.

Но даже часть оставшихся на долю человека операций в последнее время мы можем перепоручить появившимся в промышленности приборам автоматики.

В результате в науке появилось новое направление, получившее в последние годы значительное развитие. Речь идет о кибернетике — науке об общих закономерностях, которым подчиняются процессы управления. В настоящее время кибернетические устройства из лабораторий начинают переходить в заводской цех. Уже разрабатываются не только самоуправляющиеся, но и самонастраивающиеся станки. Помимо обработки сложных

деталей по заданной программе, они полностью автоматизируют процессы подачи и корректировки (подналадки) резцов. Автоматически проверяется степень износа инструмента и дается команда заменить затупившийся резец новым.

Большое внимание к вопросам автоматики объясняется прежде всего экономической эффективностью автоматизированных предприятий.

В машиностроении замена обычных токарных станков автоматами увеличивает производительность в 3—4 раза. Для сравнения приведем таблицу нескольких показателей, характеризующих работу токарных станков разных марок, выполняющих один и тот же объем работ (табл. 1).

Таблица 1

Виды станков	Число станков	Число рабочих	Выработка на одного рабочего в %	Производственная площадь в *кв. м*
1. Токарные	30	30	100	250
2. Револьверные	20	23	130	180
3. Токарные автоматы:				
одношпиндельные	16	7	428	140
многошпиндельные	4	2	1500	60

Таким образом, применение автоматизированных станков позволяет резко увеличить производительность труда, сократить занятость рабочих и освободить производственную площадь.

Автоматом называют такую рабочую машину, которая без участия человека производит все рабочие, холостые, транспортные движения и управляет ими.

В нашей стране изготовляются и эксплуатируются станки-автоматы самого различного назначения. Например: токарные, фрезерные, копировальные, шлифовальные, зуборезные, гайконарезные, болторезные, шурупные, гвоздильные, пружинонавивальные, литейные, сварочные, спичечные, печатные, стекольные, упаковочные и многие, многие другие.

На первый взгляд внедрение станков-автоматов полностью решает задачу автоматизации производственных процессов. Но на деле это оказывается не всегда так.

Дело в том, что станки-автоматы, как правило, выпускаются пригодными для выпуска какого-то одного вида продукции, а по мере развития производства и углубления разделения труда их специализация становится еще более узкой. Таким образом, применение станков-автоматов дает существенный экономический эффект лишь в массовом производстве, например для изготовления гаек, болтов, шестерен и т. д.

В машиностроении на долю массового производства приходится всего лишь 10—15% общего объема продукции, а основная масса продукции выпускается небольшими сериями. Поэтому для серийного производства все чаще и чаще начинают применяться станки с программным управлением. Такой станок превращает заготовку в нужное изделие прямо по цифровым данным чертежа или по математической формуле, порядок решения которой особым способом записан на магнитной ленте. Для переналадки такого станка на выпуск новой продукции требуется только заменить программу, что занимает мало времени.

На Всемирной выставке в Брюсселе советские станки с программным управлением получили Большой Приз.

В 1965 г. станкостроителями должно быть изготовлено не менее 4 тысяч станков с программным управлением.

Но станки-автоматы и станки с программным управлением выполняют большей частью только отдельные технологические процессы. К тому же много времени затрачивается на перевозку деталей от одного станка к другому. Изготовление любого вида продукции складывается из множества последовательных и различных операций обработки, контроля, сборки, упаковки, осуществляемых на разном оборудовании. Возникает необходимость автоматизации комплекса технологических операций. Эта потребность вызвала к жизни автоматические линии.

Автоматическая линия представляет собой совокупность станков-автоматов, связанных транспортным устройством и выполняющих в определенной последовательности операции по обработке изделия.

Поистине техническую революцию совершают автоматические поточные линии. Например, в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении сейчас действу-

ют 64 такие линии. Научно-исследовательским институтом технологии тракторного и сельскохозяйственного машиностроения создан завод-автомат по изготовлению ролико-втулочных цепей, который вступает в строй. Производительность труда по сравнению с прежним производством здесь повышается в 6,5 раза, а себестоимость продукции снижается в 2 раза.

Только на выпуске самоходного комбайна «СК-3» завод-автомат даст годовую экономию около 1,5 млн. рублей * и позволит высвободить 600 рабочих.

В 1959—1965 гг. у нас должно быть выпущено более 1300 автоматических линий для металлообрабатывающей и более 350 для деревообрабатывающей промышленности.

Почти все автоматические линии, действующие в нашей стране, сосредоточены на предприятиях массового производства: в автомобильной, тракторной, авиационной, радиотехнической промышленности. Объясняется это тем, что автоматическая линия специализирована на выпуск какой-то одной продукции и может с достаточной эффективностью эксплуатироваться только при крупных масштабах производства. Кроме того, для автоматической линии общий ритм производства является характерным для всех станков. А так как выполнение различных операций требует различного времени, то, пока не будет закончена обработка детали на одном станке, не включится в работу следующий станок. В результате несколько станков в автоматической линии значительную часть времени неизбежно простаивает.

Эти трудности в какой-то мере разрешаются внедрением так называемых роторных линий, созданных советскими учеными и конструкторами.

Роторная линия состоит из нескольких операционных рабочих роторов, каждый из которых представляет собой два барабана, смонтированных на общем непрерывно вращающемся валу. На одном из них закреплено обрабатываемое изделие, а на другом — инструменты для его обработки. При включении линии барабан начинает вращаться и каждый инструмент производит обработку движущейся вместе с ним детали.

---

* Здесь и ниже по новому курсу рубля.

Роторные линии отличаются от автоматических тем, что они действуют непрерывно, их производительность не ограничивается скоростью выполнения отдельных операций, на них можно одновременно обрабатывать несколько различных типов изделий.

В настоящее время проектируются и в ближайшем будущем будут введены в эксплуатацию роторные линии для изготовления щелочных аккумуляторов, электродов, деталей из пластмасс и других изделий. Роторные линии начали применяться и для автоматизации процессов сборки.

О высокой эффективности автоматизации свидетельствуют конкретные расчеты по отдельным предприятиям. Например, на комплексную автоматизацию Уральского алюминиевого завода требуется вложить около 2,7 млн. рублей при годовой экономии текущих затрат в 2 млн. рублей. Комплексная автоматизация Днепропетровского электродного завода потребует 0,45 млн. рублей, а годовая экономия за этот счет исчисляется в 0,3 млн. рублей.

Автоматизация производства синтетического спирта на одном из заводов позволила повысить суточную выработку спирта на 70% и сократить число рабочих вдвое.

Численность дежурного персонала гидроэлектростанций уменьшилась в 2—3 раза. Если до 1941 г. на Днепровской гидроэлектростанции работало 290 человек, то теперь она обслуживается лишь 6 дежурными в смену.

В металлургии 95% чугуна выплавляется в частично автоматизированных домнах. Только автоматическое регулирование тепловых процессов повышает производительность домны на 7—10%, в результате чего дополнительно выплавляются миллионы тонн чугуна и, кроме того, сокращается расход топлива на 6%, что составляет огромное количество кокса. Почти 90% стали выплавляется в мартеновских печах с автоматическим регулированием теплового режима.

В мартеновском цехе завода 800 агрегатов и механизмов участвуют в процессе непрерывной разливки стали. Все они управляются автоматами. Новый способ непрерывной разливки стали дал большой экономический эффект. Подсчитано, что при непрерывной разливке из каж-

дых 85 тысяч тонн стали в год будет получено дополнительно 9 тысяч тонн листового металла. Общая экономия составит при этом 1,4 млн. рублей.

Семилетним планом предусматривается дальнейшее развитие производства специальных и многопозиционных станков с автоматическим программным управлением. В настоящее время более 40% металлообрабатывающих станков выпускается в виде автоматов, полуавтоматов и с программным управлением. Значительно расширяется автоматизация не только основных, но и вспомогательных операций, так как непроизводительное время вспомогательных операций зачастую в 7 раз превышает машинное.

Но не только экономическая эффективность диктует необходимость автоматизации производственных процессов. Автоматика стала органическим элементом социалистической техники еще и потому, что без автоматики невозможно осуществление наиболее эффективных форм механизации, электрификации, химизации и других важнейших факторов развития социалистического народного хозяйства.

Человек не в состоянии непосредственно управлять технологическими процессами, которые характеризуются сверхвысокой или крайне низкой температурой, давлением, большой точностью и т. д.

Поясним это на примерах.

Быстроходные турбины, работающие под большим давлением, отличаются большой экономичностью, но регулирование их становится все более ответственным и сложным делом. (Так, при давлении пара 13—18 *ат* и температуре 300—360° С к. п. д. котельного агрегата составляет 60—70%, а при давлении около 200 *ат* и температуре 500°С повышается до 85—90%.) Оплошность машиниста, не заметившего изменения нагрузки, может привести к аварии.

Сложна работа оператора прокатного стана, который должен работать ногами, нажимая педали, и в то же время действовать обеими руками, нажимая на соответствующие кнопки и рычаги. В среднем оператор каждую секунду должен совершать не менее одной операции и одновременно следить за положением и движением раскаленной болванки и мгновенно принимать ответствен-

ные решения. Несвоевременное включение того или иного механизма снижает производительность стана, а в ряде случаев может вызвать аварию.

Автоматизированный прокатный стан работает следующим образом. Небольшим полуавтоматическим электровозом на рольганг подается слиток, излучение которого попадает на фотореле, включающее электродвигатели рольганга. Слиток устремляется к стану и попадает в «поле зрения» второго фотореле, которое дает команду на включение мощного двигателя главного привода, вращающего валки стана. Слиток захватывается вращающимися валками и, проходя сквозь зазор между ними, обжимается до нужного размера. Еще до выхода слитка из валков специальное электронное вычислительное устройство дает команду на торможение двигателя. Начало торможения задается так, чтобы к моменту выхода слитка главный привод уменьшил скорость до оптимальной величины, которая обеспечивает максимальную производительность стана. Раннее торможение будет затягивать прокатку, а позднее приведет к выбросу слитка на большое расстояние, что потребует большего времени для возврата его к валкам для обжатия в обратном направлении. Как только слиток выходит из-под валков, фотореле дает команду нажимному механизму на опускание верхнего валка. Зазор уменьшается и при следующей прокатке слиток еще больше обжимается. На автоматизированном стане роль оператора сводится к наблюдению за процессом автоматической прокатки, заданию нужных программ обжатия, корректированию хода прокатки при возможных отклонениях от номинального режима.

Автоматическое управление прокатным станом значительно облегчает труд операторов, увеличивает производительность стана, улучшает качество прокатки, а также способствует росту общей культуры и технического уровня производства.

Измерение размеров деталей в машиностроении весьма часто производится с точностью до нескольких микронов, а проверка качества обработки поверхностей — с точностью до десятых и сотых долей микрона.

Усовершенствование технологических процессов часто сопровождается переходом на непрерывные методы

производства. От отдельных машин непрерывного действия осуществляется переход к непрерывно действующей системе машин.

«Комбинированная рабочая машина, — писал Маркс,— представляющая теперь расчлененную систему разнородных отдельных рабочих машин и групп последних, тем совершеннее, чем непрерывнее весь выполняемый ею процесс, то есть чем с меньшими перерывами сырой материал переходит от первой до последней фазы процесса, следовательно, чем в большей мере передвигается он от одной фазы к другой не рукою человека, а самим механизмом» (К. Маркс, Ф. Энгельс, Соч., т. 17, стр. 418—419).

В настоящее время многие производства, такие, как каталитический крекинг нефти, синтез аммиака, производство синтетического каучука и т. д., не мыслятся иначе, как в виде непрерывного цикла технологических процессов. В тесной связи с непрерывностью производства находится еще одна особенность современной техники — укрупнение отдельных машин и устройств и объединение их в мощные агрегаты и системы.

Размеры и мощности машин и агрегатов увеличиваются настолько, что управлять ими вручную становится физически невозможно. Профессор В. К. Попов указывает, например, что ручное управление электроприводами мощностью свыше 100 *квт* при большом числе пусков в час становится вообще неосуществимым (В. К. Попов, Элементы электроавтоматики, Машгиз, 1947, стр. 7).

Укрупнение электрических машин представляется целесообразным с точки зрения увеличения к. п. д. в связи с быстрым ростом мощности. Мощность электрических машин возрастает пропорционально четвертой степени линейных размеров машин (А. В. Храмой, Технико-экономические основы автоматики, М., 1949).

Отдельные машины объединяются в непрерывно действующие агрегаты, комбайны, линии. Автоматические станочные линии — это системы десятков станков и сотен самых различных устройств, связанных между собой органически. Их нельзя считать иначе, как сверхмощными агрегатными станками.

Управление современными машинами, агрегатами, линиями может быть успешным лишь с внедрением устройств автоматики и телемеханики.

И наконец, в ряде технологических процессов в силу существующих условий исключается возможность непосредственного контакта рабочего с объектом труда, например в атомной промышленности, в ядерной энергетике.

В постановлении июньского Пленума ЦК КПСС подчеркивается, что «механизация и автоматизация производства имеет не только экономическое, но и огромное социальное значение. В социалистическом обществе комплексная механизация и автоматизация производственных процессов отвечает насущным интересам трудящихся, облегчает и коренным образом меняет характер труда миллионов людей, повышает его производительность, создает условия для сокращения продолжительности рабочего дня и для ликвидации существенных различий между умственным и физическим трудом» (Пленум ЦК КПСС 24—29 июня 1959 г., Стенографический отчет, Госполитиздат, 1959, стр. 505).

Иными последствиями сопровождается автоматизация в капиталистических странах.

По данным профсоюза сталеплавильщиков США, при увеличении путем автоматизации выплавки стали на 30% численность рабочих в этой отрасли промышленности снизилась почти на 75 000 человек. Внедрение печатных электросхем на заводе электронного оборудования привело к сокращению числа рабочих на 25%. Сокращенные в результате автоматизации рабочие не находят себе применения, пополняя армию безработных.

В то же время в Советском Союзе при непрерывном расширении социалистического воспроизводства нет и не может быть безработицы. Поэтому автоматизация производственных процессов у нас ведет к повышению материального и культурного уровня жизни народа. Плановое ведение хозяйства, постоянная координация развития всех отраслей производства, тщательный анализ потребности в рабочей силе и быстрые темпы роста объема производства не только исключают всякую возможность появления безработицы, но и позволяют использовать рабочих наиболее целесообразно.

Автоматика существенно изменяет роль рабочего в производственном процессе.

Способствуя уничтожению противоположности между физическим и умственным трудом и обеспечивая громадное развитие производительных сил, автоматика является одним из основных элементов техники социализма, обеспечивающим переход к его высшей фазе — коммунизму.

В Программе Коммунистической партии, принятой на XXII съезде КПСС, говорится: «В течение двадцатилетия осуществится в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям-автоматам, обеспечивающим высокую технико-экономическую эффективность» (Материалы XXII съезда КПСС, Госполитиздат, 1962, стр. 372).

Подводя итог выше сказанному, можно заключить, что автоматизация производства является высшей, завершающей формой развития машинного производства. Значение автоматики определяется большим экономическим эффектом, а в условиях социалистического производства, кроме того, громадными социальными последствиями, позволяющими освободить человека от тяжелого физического труда, превратить рабочего-исполнителя в рабочего-творца.

Структура автоматических устройств

Автоматика — это отрасль техники, разрабатывающая методы и средства контроля и управления самыми разнообразными технологическими процессами без непосредственного участия человека.

Автоматикой называют и те технические средства, с помощью которых осуществляется автоматизация производственных процессов.

В настоящее время разработано много различных автоматических устройств, выполняющих те или иные функции по контролю, управлению и регулированию технологических процессов. Они различаются между собой принципиальной схемой, характером работы, назначением, регулируемыми параметрами, принципом действия и родом используемой энергии.

Все разнообразие автоматических устройств и приборов может быть разбито на три группы:

1. устройство автоматического контроля;
2. устройство автоматического управления;
3. устройство автоматического регулирования.

Если контролируемый процесс находится на значительном расстоянии от поста контроля, говорят о телеконтроле, а по аналогии — телеуправлении и телерегулировании.

Одним из распространенных устройств автоматики является устройство автоматического контроля, которое облегчает или освобождает человека от наблюдения за производственным процессом, за состоянием работы того или иного агрегата.

Часто автоматический контроль заканчивается сигналом (звонок, сигнальная лампочка, сирена), который извещает о недопустимом изменении контролируемой величины. В этом случае говорят от автоматической сигнализации.

Область автоматики, охватывающая средства и методы активного контроля, получила название автоматической защиты.

Устройства автоматической защиты предохраняют от повреждения станки, двигатели, генераторы, линии электрических передач, турбины, различные агрегаты и т. д. Разновидностью автоматической защиты является автоматическая блокировка, служащая для защиты механизмов от неправильных действий со стороны человека и для ограничения размеров аварий. Учитывая большое самостоятельное значение автоматической защиты, этот вид автоматических устройств выделяют в отдельную группу.

Любое автоматическое устройство можно рассматривать состоящим из отдельных элементов, выполняющих ту или иную функцию: датчик, дистанционная передача, преобразователь, реле, исполнительный орган, регулирующий орган. При этом большинство элементов автоматики обладает универсальностью и из них, как слова из отдельных букв, может быть построено и устройство автоматики электропривода, и автоматический колхозный инкубатор, и автоматическая система для запуска космических ракет. Поэтому изучение технических

средств автоматики начнем с ознакомления с элементами автоматики.

Во всех элементах автоматики (а не только в тех, которые названы преобразователями) происходит преобразование энергии. Это преобразование может заключаться в преобразовании одной формы энергии в другую (механической в электрическую или наоборот). Оно может происходить с сохранением физической формы параметров (повышение напряжения, изменение скорости и т. д.), либо наблюдается изменение энергии выхода по сравнению с энергией, поступающей на вход.

В физике различают механическую, внутреннюю, электрическую и другие виды энергии. Фактически все эти виды энергии не существуют изолированно, и изменение одного вида энергии сопровождается эквивалентным изменением других видов энергии. Однако в каждом физическом явлении можно выделить главные формы энергии.

Наибольшее распространение получили элементы автоматики, использующие электрическую энергию. Поэтому мы остановимся на рассмотрении лишь таких элементов автоматики, которые основаны на использовании электрических явлений.

Элементы автоматики

Электрический датчик — устройство, которое служит для измерения и преобразования неэлектрической величины регулируемого параметра в электрическую.

Способов такого преобразования, а значит, и типов электрических датчиков в современной технике очень много. Электрические датчики обеспечивают наиболее удобную, надежную и простую форму связи технологического процесса с измерительными, контрольными или исполнительными устройствами. В устройствах автоматики датчики играют ту же роль, что и органы чувств у человека. Они следят за механическими перемещениями, изменениями температуры, освещенности, химического состава в контролируемом, управляемом или регулируемом процессе.

Д а т ч и к и м е х а н и ч е с к и х в е л и ч и н. Для преобразования механического перемещения в электрический сигнал часто применяются контактные датчики.

В современной технике контактные датчики нередко используются совместно с электронными лампами (сеточный контакт).

На рисунке 2 показана электроконтактная головка, предназначенная для контроля размеров механически обработанных деталей с точностью до 1 *мк*.

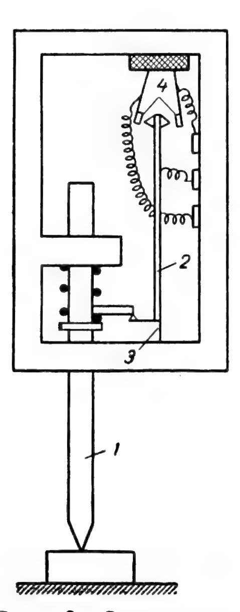


Рис. 2. Электроконтактная головка:

1 — шток; *2* — контактный рычаг; *3* — пружина; *4* — неподвижные контакты.

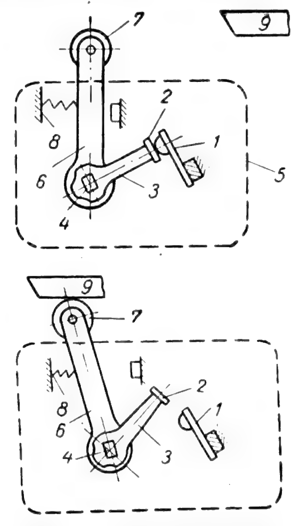


Рис. 3. Путевой выключатель:

Вверху — начальное положение. Внизу — положение при размыкании цепи. *1*, *2* — контакты; *3* — рычаг выключения; *4* — ось вращения; *5* — корпус; *6* — рычаг рабочий; *7* — ролик рабочий; *8* — пружина; *9* — перемещаемая деталь.

К штоку *1*, соприкасающемуся с измеряемой деталью, прижимается пружиной *3* подвижный контактный рычаг *2*. В зависимости от размера проверяемой детали шток перемещается вверх или вниз, замыкая правый или левый контакт *4*. При этом включаются соответствующие электрические цепи с сигнализаторами отклонения размера детали от номинального. Например, включаются световые табло: «много», «мало». Величина измерительного диапазона регулируется специальными винтами, на чертеже не показанными.

Одной из разновидностей контактных датчиков являются путевые выключатели и переключатели, предназначенные для замыкания и размыкания электрической цепи управления в момент, когда движущаяся часть какой-либо установки достигла определенного положения (рис. 3).

В этих случаях механическое перемещение обнаруживается по замыканию или размыканию электрической цепи. Но могут быть использованы и другие электрические явления. Индуктивные датчики используются для выявления малых угловых и линейных механических перемещений. Устройство их основано на изменении индуктивного сопротивления катушки во время перемещения стального якоря (рис. 4).

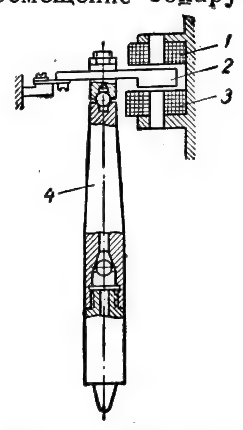


Рис. 5. Конструкция индуктивного датчика:

1, 3 — катушки; *2* — якорь; *4* — шток.

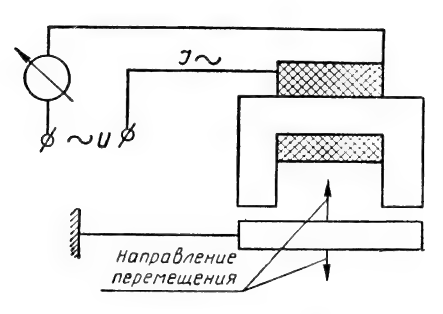


Рис. 4. Индуктивный датчик.

Конструкции индуктивных датчиков разнообразны. В качестве примера приведем индуктивный датчик, применяемый в металлообрабатывающем станке (рис. 5). Он имеет две катушки *1*, *3* с двойными обмотками. Между катушками расположен якорь *2*, находящийся под воздействием штока *4*. Первичные обмотки намотаны в одну сторону, включены последовательно и питаются переменным током. Вторичные обмотки намотаны навстречу друг другу так, что когда якорь находится в среднем положении, то результирующее напряжение на зажимах (на выходе датчика) равно нулю. Отклонение якоря под воздействием пружины или штока от среднего

положения вызывает появление сигналов нужной силы и фазы.

Такие датчики обладают многими существенными достоинствами:

а) простота, надежность и отсутствие скользящих контактов;

б) возможность непосредственного использования показывающих приборов за счет относительно большой величины отдаваемой электрической мощности;

в) возможность работы на переменном токе промышленной частоты.

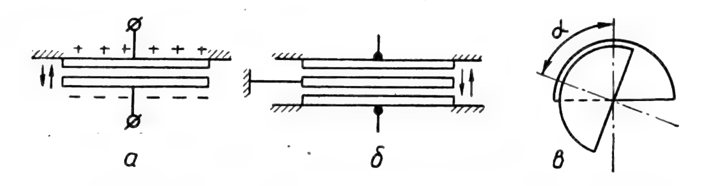


Рис. 6. Емкостные датчики:

а — нижняя пластина подвижна; *б* — средняя пластина подвижна; *в* — угловое перемещение пластин.

Но наибольшую чувствительность при выявлении механических перемещений можно получить, применяя емкостные датчики. Известно, что емкость всякого конденсатора зависит от площади пластин, расстояния между ними и диэлектрической постоянной диэлектрика. Емкостные датчики механических перемещений основаны на зависимости емкости от площади взаимодействия пластин и от расстояния между ними (рис. 6).

Пользуясь емкостными датчиками, можно обеспечить большую чувствительность измерительных схем и измерять перемещения с точностью до долей микрона. Емкостные датчики имеют небольшие размеры и малый вес. Недостатки этих датчиков: необходимость усиления снимаемого сигнала и наличие источников напряжения высокой частоты (не менее 1 *кгц*).

Проволочные датчики применяются для выявления деформаций в деталях и конструкциях и для определения деформирующих сил. Они представляют собой тонкую (16—60 *мк*), сложенную в виде петель и обклеенную с двух сторон бумагой (рис. 7) проволоку из нихро-

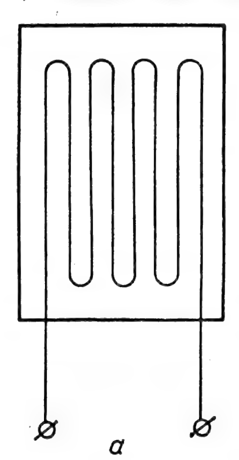
ма или константана, приклеенную непосредственно к контролируемой детали. Измерение деформации основано на зависимости сопротивления тонкой проволоки от действующих на нее механических напряжений при растяжении или сжатии, вследствие чего изменяется длина проволоки и ее поперечное сечение.

Проволочные датчики имеют целый ряд преимуществ:

а) малый вес и габариты;

б) безынерционность, т. е. возможность измерения быстроменяющихся деформаций;

в) возможность размещения в труднодоступных местах;



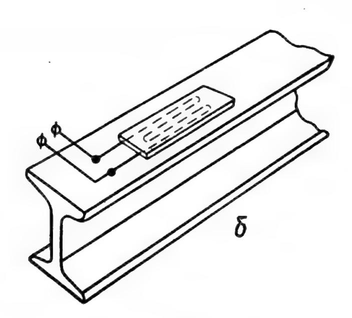


Рис. 7. Проволочный датчик (тензометр):

а — схема датчика; *б* — положение датчика на детали.

г) простота и дешевизна.

Поэтому они получили широкое распространение для измерения деформаций деталей в самых различных областях техники.

Существенными недостатками проволочных датчиков являются малая величина относительного изменения сопротивления, что требует применения измерительных схем высокой чувствительности, невозможность применения их в цепях с повышенной частотой и ограниченность применения лишь в пределах упругой деформации проволок.

Механические деформации пропорциональны деформирующим силам (закон Гука). Поэтому проволочные датчики используются и для измерения относительно больших напряжений.

Для измерения больших сил и давлений с небольшой

точностью (силы резания в металлообрабатывающих станках) применяются угольные датчики.

Обычно угольный датчик изготовляется в виде столбика из графитовых или прессованных угольных дисков (рис. 8). Электрическое сопротивление такого столбика складывается из сопротивления самих дисков и переходного сопротивления поверхностей их соприкосновения. Поверхности дисков неровные и соприкасаются в отдельных точках. Если угольный датчик сжать, то площадь соприкосновения графитовых дисков увеличивается и переходное сопротивление уменьшается и наоборот. Это свойство используется в угольном датчике.

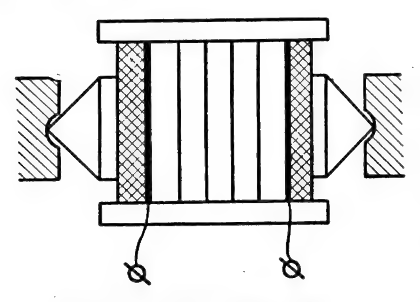


Рис. 8. Угольный датчик.

К достоинствам угольных датчиков относятся:

1. простота конструкции;
2. компактность;
3. дешевизна.

Недостаток — непостоянство чувствительности.

Датчики скорости по принципу действия делятся на механические (центробежные, тахометрические) и электрические (тахогенераторы).

Тахогенераторы представляют собой миниатюрные генераторы постоянного или переменного тока с независимым возбуждением (рис. 9). Электродвижущая сила, наводимая в обмотке, пропорциональна скорости вращения якоря. Тахогенераторы применяются для измерения скорости вращения от 5000 до 10 000 *об/мин.*

Датчики температуры, то есть термоэлектрические датчики, или термопары (рис. 10), широко используют для измерения и регулирования температур от 100 до 2000°C. Особенно широко их используют в теплотехнике, теплоэнергетике, металлургии, химии и других отраслях техники для контроля и автоматического регулирования тепловых процессов.

Термопары изготовляют обычно из двух металлов или двух сплавов, например: платинародий — платина, хро-

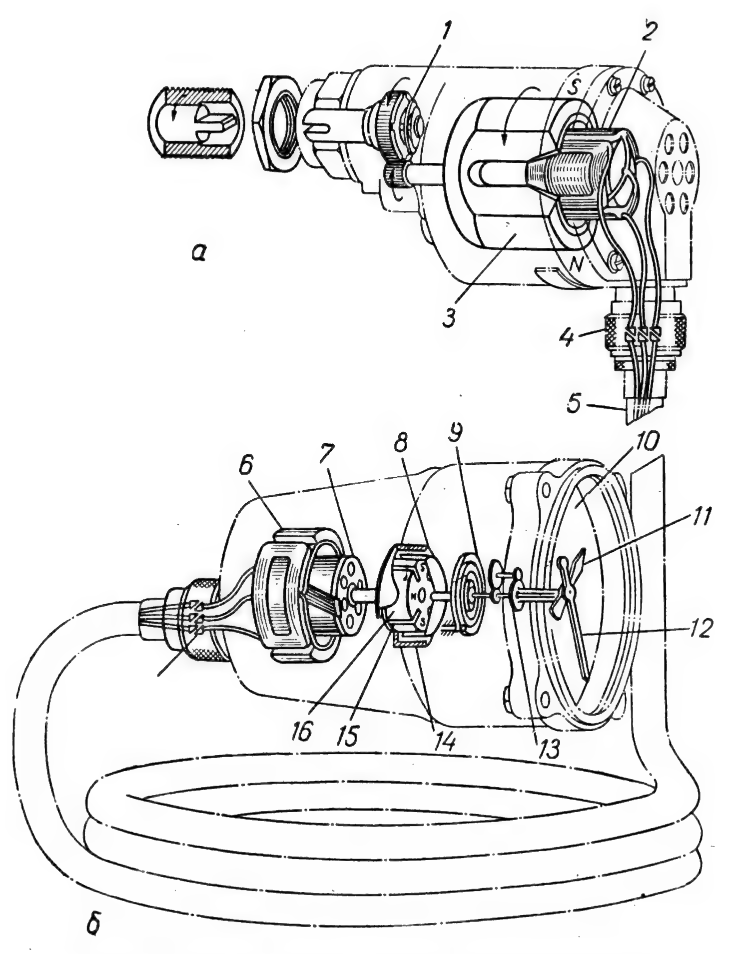


Рис. 9. Датчик *(а)* и указатель *(б)* тахогенератора:

1 — дисковый фрикцион; *2* — статор генератора; *3* — ротор генератора (постоянный магнит); *4* — штепсельное соединение; *5* — трехжильный кабель; *6* — статор указателя; *7* — ротор указателя; *8* — чувствительный элемент; *9* — волосок; *10* — шкалы указателя; *11* — стрелка грубого отсчета указателя; *12* — стрелка точного отсчета; *13* — зубчатая передача; *14* — магнитный экран; *15* — термокомпенсатор; *16* — магнит; *17* — штепсельное соединение.

мель — алюмель, хромель — копель. Величину термоэлектродвижущей силы датчика, а значит, и разность температуры холодного и горячего спаев измеряют чувствительным гальванометром.

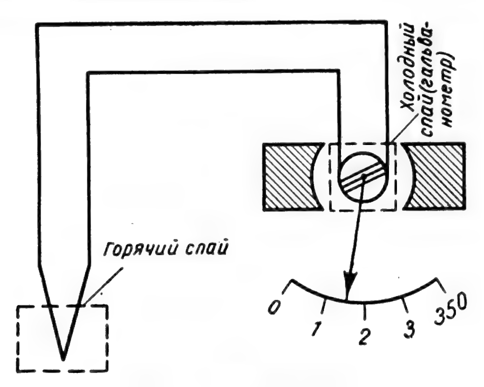


Рис. 10. Термопара.

Основными достоинствами термоэлектрических датчиков являются простота, малые размеры, надежность в эксплуатации, достаточная точность измерения высоких температур.

Недостатком термопар является их большая инерционность (постоянная времени достигает десятков секунд) и необходимость учета (компенсации) температуры холодного спая.

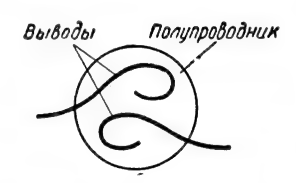


Рис. 11. Термистор.

Другой тип датчиков температуры, так называемые термометры сопротивления, основан на зависимости электрического сопротивления проводников или полупроводников (термисторов) от температуры (рис. 11).

При нагревании у металлических проводников омическое сопротивление увеличивается, у полупроводников — уменьшается, т. е. они обладают отрицательным температурным коэффициентом сопротивления.

Таким образом, по сопротивлению нагреваемого проводника или полупроводника можно судить о его температуре.

Полупроводниковые датчики температуры имеют высокую чувствительность и малую тепловую инерцию. В последнее время термисторы изготовляются из полупроводниковых материалов, обладающих отрицательным температурным коэффициентом сопротивления, абсолютная величина которого значительно больше, чем у металлов. Полупроводниковые термисторы могут работать только в определенных пределах температур. Если сильно нагреть прибор, то он может разрушиться. Нагрев осуществляется или путем теплообмена с окружающей средой, или током, проходящим по самому сопротивлению. Термосопротивления в зависимости от назначения изготавливаются по-разному. Так, термосопротивление типа ММТ-1 состоит из полупроводникового стержня диаметром около 2 *мм* и длиной 12 *мм*, на концах которого надеты металлические колпачки для включения сопротивления в цепь. Снаружи сопротивление покрыто эмалевой краской. Термосопротивление типа ММТ-5 в отличие от предыдущего смонтировано в герметизированном корпусе и поэтому может работать в условиях повышенной влажности.

Термисторы могут иметь очень малые размеры, так в микротермосопротивлениях диаметр полупроводникового шарика составляет всего несколько сотых долей миллиметра. Такой термистор дает возможность следить за изменением температуры от —70 до +250° С с малой тепловой инерцией (порядка 0,002 *сек*).

Применяются термосопротивления в устройствах автоматического контроля, телеизмерений и автоматического регулирования тепловых процессов, в устройствах автоматического пуска электродвигателей.

К недостаткам термисторов относятся недостаточная стабильность, малая температурная стойкость (200—400° С).

Датчики освещенности (фотодатчики) — это приборы, служащие для преобразования энергии света в электрическую энергию в автоматических устройствах.

При освещении металлов или полупроводников фотоны проникают в поверхностные слои этих веществ и сообщают их электронам дополнительную энергию, которая позволяет им покидать атом. Это явление известно под названием фотоэффекта.

Если освободившиеся электроны остаются в теле, повышая его электропроводность, то фотоэффект называют внутренним. Если же они покидают освещенное тело, то эффект называют внешним.

Вентильным фотоэффектом называется промежуточный случай, когда электроны из освещенного тела переходят в другое тело, отделенное от первого слоем полупроводника (запирающий слой). При этом между слоями двух веществ ввиду недостатка электронов в одном из них и избытка в другом возникает разность потенциалов, которая легко может быть обнаружена.

Достоинствами фотодатчиков являются их простота, малые габариты, высокая чувствительность, отсутствие механической связи с измеряемым процессом и малая инерционность.

Основной недостаток — малая величина фототока, вследствие чего необходимо его усиление, либо применение высокочувствительных измерительных устройств.

Достоинства фотоэлектрических датчиков обеспечивают им широкое применение для самых разнообразных целей. Они играют важную роль в автоматизации контроля производственных процессов и готовой продукции, на транспорте и в промышленности для предотвращения несчастных случаев и т. д.

Таковы некоторые основные виды электрических датчиков.

В настоящее время разработаны конструкции датчиков, позволяющие практически любую неэлектрическую величину и ее изменения превратить в величину и изменение электрического сигнала.

Дистанционная передача угла поворота. В электромеханических автоматических устройствах большую роль играет дистанционная передача угла поворота. Так, например, на самолетах имеется прибор, показывающий угол поворота закрылков. Закрылки являются частью нижней плоскости крыла и имеют возможность, поворачиваясь, отклоняться вниз на некоторый угол, подобно горизонтальным рулям. Однако расположенные вблизи центра тяжести самолета закрылки, отклоняясь, не дают момента, разворачивающего самолет вокруг горизонтальной поперечной оси. Они лишь увеличивают на взлете подъемную силу самолета (увеличивается угол ата-

ки крыла), а при посадке уменьшают посадочную скорость.

На самолете ТУ-104 при взлете закрылки поворачиваются на 20°, а при посадке — на 35°.

Оператору радиолокационной станции необходимо знать углы поворота антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях для того, чтобы закоординировать цель. Положение катушки компаса передается на указатель курса корабля и т. д.

Системы дистанционной передачи угла могут быть классифицированы по роду питающего электрического

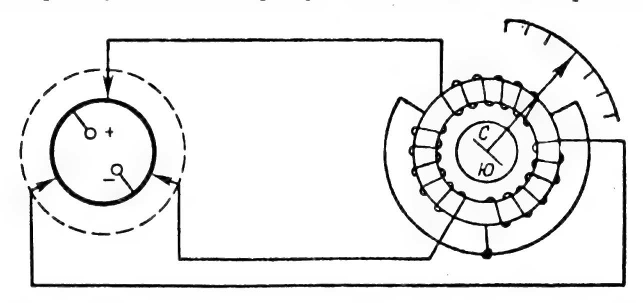


Рис. 12. Потенциометрическая дистанционная передача угла поворота.

тока (системы постоянного тока, системы переменного тока) и по характеру движения (системы шагового действия, системы плавного действия).

Рассмотрим системы плавного действия, так как они получили большее распространение.

Датчиком дистанционных передач плавного действия на постоянном токе служит потенциометр. Поэтому такие передачи еще называются потенциометрическими. Простейшая схема потенциометрической дистанционной передачи угла на постоянном токе показана на рисунке 12.

Датчиком является кольцевой потенциометр, к двум диаметрально противоположным точкам которого подводится постоянный ток. По потенциометру скользят три контактные щетки, связанные с осью задающего устройства. Щетки смещены на угол 120° одна относительно другой. От щеток отходят три провода, образующих линию связи, через которую осуществляется питание при-

емника. Приемник состоит из трех одинаковых катушек, расположенных под углом 120° одна к другой, и свободно вращающегося постоянного магнита, находящегося между ними. С осью магнита скреплена стрелка, которая производит отсчет по шкале.

Конструктивно магнитная система приемника представляет собой кольцеобразный магнитопровод, выполненный из мягкой стали, на который надеты три секции обмотки, соединенные треугольником или звездой. Магнит имеет цилиндрическую форму и намагничен по диаметру. В центре магнита запрессована ось, вращающаяся в подшипнике.

При повороте подвижной системы датчика его щетки переходят с одних точек потенциометра на другие, имеющие другие потенциалы. При этом происходит перераспределение токов в обмотках приемника и в результате магнитный поток, создаваемый обмотками приемника и направленный по его диаметру, поворачивается на угол, приблизительно равный углу поворота оси датчика.

Так как постоянный магнит приемника может свободно вращаться, то он устанавливается вдоль оси магнитного потока приемника, повторяя тем самым движение оси датчика.

Примером дистанционной передачи на переменном токе может служить так называемая «сельсинная передача». Принцип действия сельсинной системы передачи угла в известной степени сходен с принципом действия потенциометрической системы. Но если в потенциометрической системе используется перераспределение разности потенциалов между тремя щетками датчика, то в сельсинной системе используется перераспределение переменных э. д. с., индуктируемых в трех обмотках датчика.

По своей конструкции сельсин напоминает асинхронный двигатель. Он имеет однофазную первичную обмотку и трехфазную вторичную. Вторичные обмотки соединяются «звездой». Магнитные оси фазных обмоток сдвинуты в пространстве на 120°.

Концы роторной обмотки выведены к контактным кольцам. Роторная обмотка питается от сети переменного тока через щетки, скользящие по контактным кольцам.

Принципиально один и тот же сельсин может быть использован как в качестве датчика, так и в качестве приемника.

Если обмотку возбуждения сельсина включить в сеть переменного тока, то протекающий ток создаст переменное магнитное поле, благодаря которому во вторичных фазных обмотках появляются индуктированные э. д. с. той же частоты. При этом величина и фаза каждой из трех индуктированных э. д. с. зависит от относительного расположения ротора и статора.

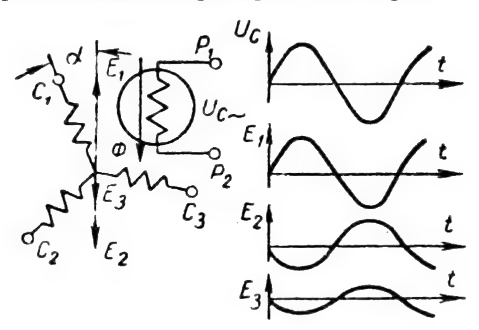


Рис. 13. Электродвижущие силы, наводимые в фазных обмотках сельсина.

Если магнитная ось первой фазной обмотки смещена по отношению к магнитной оси обмотки возбуждения на небольшой угол α (рис. 13), а магнитные оси двух других фазных обмоток смещены соответственно на углы $\alpha+120°$ и $\alpha+240°$, то наибольшее значение индуктируемая э. д. с. имеет в первой фазной обмотке, а наименьшее в третьей. Это объясняется тем, что первую фазную обмотку пересекает наибольшая часть магнитного потока возбуждения, а третью — наименьшая.

Кроме того, если фаза э. д. с. E_1 совпадает с фазой питающего напряжения, то фазы э. д. с. E_2 и E_3 отличаются от фазы питающего напряжения на 180°, так как вторая и третья фазные обмотки пересекаются потоком возбуждения в направлении, противоположном направлению пересечения первой фазной обмотки. Поэтому вторичную обмотку сельсина нельзя рассматривать как трехфазную в прямом значении этого слова. Вторичная обмотка может называться трехфазной только с точки

зрения ее конструктивного размещения в пазах статора.

При плавном повороте ротора относительно статора индуктированные в фазных обмотках э. д. с. E_1, E_2 и E_3 плавно изменяются по величине и каждому положению ротора соответствует одно определенное соотношение (по

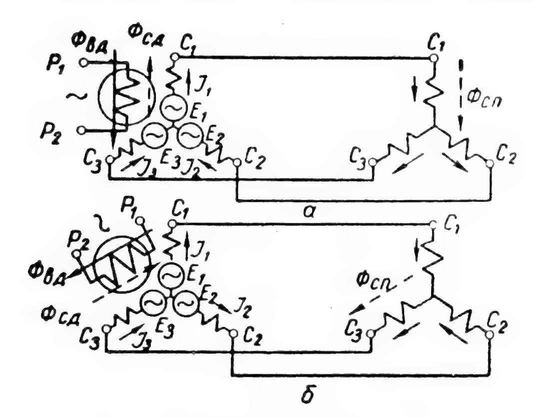


Рис. 14. Магнитные потоки при отсутствии возбуждения сельсина-приемника:

а) исходное положение; *б*) ротор сельсина-датчика повернут на угол α.

величине и фазе) напряжений на зажимах фазных обмоток.

Для осуществления синхронной передачи угла поворота фазные обмотки сельсина-датчика и сельсина-приемника соединяются между собой проводами, а их обмотки возбуждения включаются в цепь общего источника переменного тока.

Для уяснения физического смысла работы сельсинов в схеме синхронной передачи рассмотрим сначала случай, когда питающее напряжение подается только на обмотку возбуждения сельсина-датчика (рис. 14). В этом случае электрические цепи фазных обмоток сельсина-датчика замкнуты через соответствующие фазные обмотки сельсина-приемника. Поэтому под действием индуктированных э. д. с. E_1, E_2, E_3 в цепях фазных обмоток возникнут электрические токи I_1, I_2, I_3, величина которых для определенного положения ротора сельсина-датчика

зависит только от типа используемых сельсинов и сопротивления проводов линии связи.

Условное направление токов (в течение одной из половин периода) выбрано с таким расчетом, чтобы результирующий магнитный поток $\Phi_{сд}$ фазных обмоток сельсина-датчика оказался направленным согласно правилу Ленца против основного магнитного потока возбуждения $\Phi_{вд}$.

Токи I_1, I_2, I_3 протекают по фазным обмоткам сельсина-датчика и сельсина-приемника в противоположных направлениях. Вследствие этого результирующий магнитный поток $\Phi_{сп}$ фазных обмоток сельсина-приемника совпадает по направлению с потоком возбуждения $\Phi_{вд}$. Для однотипных сельсинов потоки $\Phi_{сп}$ имеют одинаковую величину.

При повороте ротора сельсина-датчика на некоторый угол (рис. 14, *б*) изменяются по величине индуктированные в фазных обмотках электродвижущие силы (э. д. с. E_2 изменяет и фазу), что приводит к изменению токов I_1, I_2, I_3 (ток I_2 изменяет и направление). Однако результирующий магнитный поток $\Phi_{сд}$ фазных обмоток сельсина-датчика сохраняет свою величину и направлен по-прежнему навстречу потоку возбуждения $\Phi_{вд}$, а результирующий магнитный поток $\Phi_{сп}$ фазных обмоток сельсина-приемника, сохранив свою величину, совпадает по направлению с потоком возбуждения $\Phi_{вд}$.

Следовательно, при вращении ротора сельсина-датчика фазные обмотки сельсина-приемника под действием трех меняющихся индуктированных э. д. с. E_1, E_2, E_3 создают постоянный по величине магнитный поток, имеющий всегда то же направление, что и поток возбуждения сельсина-датчика. Таким образом, механическое вращение ротора сельсина-датчика преобразуется во вращение магнитного потока фазных обмоток сельсина-приемника, а следовательно, и его ротора.

При полном включении сельсинов физические процессы отличаются от рассмотренных тем, что, помимо индуктированных э. д. с. E_1, E_2, E_3, в фазных цепях действуют дополнительно э. д. с. E'_1, E'_2, E'_3, индуктированные потоком возбуждения в фазных обмотках сельсина-приемника.

Если предположить, что при включении обмоток возбуждения в цепь источника переменного тока их маг-

нитные оси ориентированы одинаково относительно осей фазных обмоток, то индуктированные э. д. с. E_1 и E_1', E_2 и E_2', E_3 и E_3' будут попарно равны по величине и направлены навстречу друг другу. Поэтому во всех фазных цепях токи практически будут равны нулю, а ротор сельсина-приемника будет оставаться неподвижным, занимая так называемое согласованное положение. В таком состоянии сельсины находятся к моменту начала поворота ротора сельсина-датчика, ось которого соединена с осью контролируемого устройства.

Допустим, что заданная ось повернулась на какой-то угол. Тогда благодаря механической связи ротор сельсина-датчика повернется на такой же угол и согласованное положение сельсинов нарушится. Угол, на который поворачивается ротор от согласованного положения, называют обычно углом рассогласования.

В результате возникшего рассогласования нарушается равенство индуктированных э. д. с. и в фазных цепях сельсинов возникают электрические токи. Эти токи, протекая по фазным обмоткам, создают результирующий магнитный поток, который, взаимодействуя с магнитным потоком возбуждения, создает вращающий момент. Такое взаимодействие будет как в сельсине-датчике, так и в сельсине-приемнике. Но, учитывая, что положение ротора сельсина-датчика фиксируется положением оси контролируемого устройства, а ротор сельсина-приемника может вращаться практически свободно, последний будет поворачиваться, пока вновь не займет согласованного положения, отвечающего новому положению оси контролируемого устройства.

Такая работа сельсинов, связанная с передачей угла поворота на расстояние, называется работой в индикаторном режиме. Наряду с этим получили распространение другие режимы, например трансформаторный, при котором в однофазной вторичной обмотке сельсина-приемника индуктируется э. д. с., пропорциональная углу рассогласования.

Электрический преобразователь (усилитель). Электрический сигнал, получаемый от датчика, в большинстве случаев мал по величине и не может непосредственно управлять работой автоматического устройства. Поэтому сигнал датчика предварительно подается на электрический преобразователь.

Электрическим преобразователем называется устройство, служащее для приведения электрической величины к виду, удобному для ее дальнейшего использования в автоматическом устройстве.

Преобразование может заключаться в изменении мощности, частоты, напряжения и других параметров. Соответственно этому к числу электрических преобразователей будем относить усилители, преобразователи

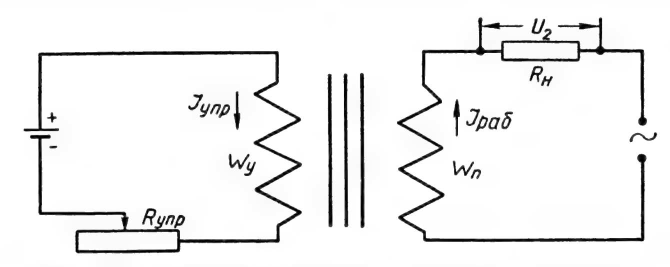


Рис. 15. Принципиальная схема магнитного усилителя: R упр — сопротивление, изменению которого следует изменение напряжения U_2.

частоты и т. д. Примером простейшего преобразователя может служить обычный трансформатор, изменяющий величину напряжения электросигнала.

Здесь мы остановимся на рассмотрении электрических преобразователей, выполняющих роль усилителей.

В последние годы в схемах автоматики получили широкое распространение магнитные усилители (дроссели насыщения).

По внешнему виду магнитный усилитель не отличается от обычного трансформатора. На сердечник из ферромагнитного материала наматывают две обмотки (рис. 15). Одну, обмотку переменного тока $W_п$, соединяют последовательно с нагрузкой и подключают к источнику переменного тока, а другую, обмотку управления $W_у$, — к источнику постоянного тока.

Изменяя постоянный ток в обмотке управления, достигают изменения степени намагничивания сердечника и, следовательно, изменения величины индуктивного сопротивления обмотки переменного тока, что приводит к изменению напряжения U_2 снимаемого с сопротивления $R_н$ согласно изменению постоянного тока в обмотке управления.

Магнитные усилители получили распространение вследствие ряда достоинств, к числу которых следует отнести:

а) отсутствие движущихся частей, а как следствие — надежность работы и долговечность;
б) нечувствительность к значительным перегрузкам;
в) возможность усиления малой мощности, доходящей до 10^{-12} *вт;*
г) значительно больший коэффициент усиления, чем у электронных усилителей с равным числом каскадов;
д) простота усиления малых постоянных сигналов в отличие от электронных усилителей;
е) возможность простого суммирования нескольких сигналов, подаваемых одновременно на вход усилителя.

Наиболее существенным недостатком магнитных усилителей является их инерционность. Применение повышенной частоты и лучших материалов для магнитных сердечников уменьшает инерционность магнитных усилителей.

Но наиболее широкое применение получили электронные усилители. В этом случае сигнал усиливается электронной лампой или полупроводниковым триодом.

В качестве усилителя применяют электронную лампу, изменение потенциала на сетке которой позволяет получить плавное изменение анодного тока. Электронная лампа дает возможность управлять энергией во много раз большей, чем та, которая подводится к сетке. В случаях, когда требуется очень большое усиление, применяют многокаскадные усилители с несколькими электронными лампами, каждая из которых усиливает ток предыдущей. Электронные усилители практически безынерционны.

С развитием полупроводниковой техники в преобразователях все шире и шире начинают применяться усилители на кристаллических триодах. Это объясняется высоким к. п. д. и малыми размерами полупроводниковых приборов.

Полупроводниковый триод (рис. 16) состоит из кристалла германия *Г* и двух остриев *Э* и *К*, касающихся по-

верхности кристалла на расстоянии 20—50 *мк* одно от другого. Каждое острие образует с кристаллом *Г* выпрямительный контакт с прямой проводимостью от острия к кристаллу. Если между электродом *Э*, называемым эмиттером, и основанием *О*, называемым базой, подать напряжение прямой полярности, а между электродом *К*,

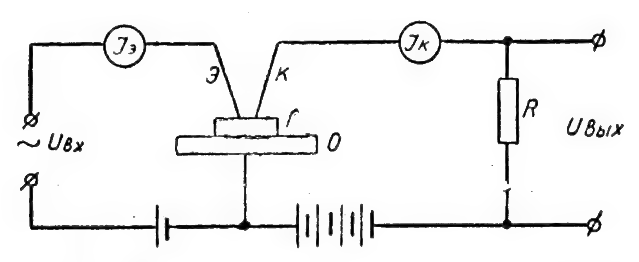


Рис. 16. Схема включения полупроводникового триода:
г — кристалл германия; *о* — основание; *э* — эмиттер; *к* — коллектор.

называемым коллектором, и основанием *О* — обратной полярности, то оказывается, что величина тока коллектора $I_к$ находится в прямой зависимости от величины тока эмиттера $I_э$. Это происходит потому, что почти все заряды, поступающие из эмиттера в базу, попадают в коллектор, таким образом $I_к \approx I_э$. Поскольку напряжение на эмиттер подано в прямой полярности, а на коллектор — в обратной, то внутреннее сопротивление в цепи эмиттера оказывается значительно меньшим, чем ссReferences противление в цепи коллектора. Для изменения тока в цепи эмиттера затрачивается мощность

$$W_э = I_э^2 \cdot r.$$

Если цепь коллектора замкнута на некоторую нагрузку сопротивлением *R*, то при возрастании тока в нагрузке будет выделяться энергия

$$W_к = I_к^2 \cdot R.$$

Так как токи эмиттера и коллектора незначительно отличаются один от другого, то усиление по мощности будет равным

$$\frac{W_к}{W_э} = \frac{I_к^2 R}{I_э^2 \cdot r} = \frac{R}{r},$$

т. е. по мощности усиление будет во столько раз, во сколько раз сопротивление нагрузки больше сопротивления цепи эмиттера.

Таким образом, незначительные колебания напряжения, происходящие в цепи эмиттера, превращаются в значительные колебания напряжения на нагрузке коллекторной цепи.

О достоинствах полупроводниковых триодов лучше всего говорят такие цифры: полупроводниковые триоды в 10 раз долговечнее, в 100 раз миниатюрнее и в 100 000 раз экономичнее радиоламп.

Электрическое реле. Одним из наиболее распространенных элементов автоматики является реле, прибор, который под воздействием какого-либо физического параметра (тока, напряжения) или при достижении им определенной величины автоматически скачкообразно изменяет физический процесс, протекающий в управляемой системе.

Важным свойством, в значительной мере определяющим широкое применение реле в схемах автоматики, является незначительная затрата энергии для управления большими мощностями. Так, например, для работы электронного реле достаточна мощность управляющего сигнала порядка долей микроватта, в то время как контакты этого реле могут осуществлять переключения в исполнительных цепях мощностью в несколько десятков ватт, т. е. коэффициент усиления таких реле по мощности достигает $1 \cdot 10^9$.

Классификация реле

По роду воспринимаемых физических явлений	По принципу действия	По параметру, на который реагирует воспринимающий орган	По назначению
1. Электрические 2. Тепловые 3. Механические 4. Оптические 5. Акустические и др.	1. Электромагнитные (нейтральные и поляризованные) 2. Магнитоэлектрические 3. Электронные и др.	Электрические реле: 1. тока 2. напряжения 3. мощности 4. частоты Механические реле и др.	1. Пусковые 2. Максимальные 3. Минимальные 4. Времени и др.

Электромагнитные нейтральные реле являются наиболее распространенным типом реле. Их принцип действия основан на притяжении стального якоря к сердечнику электромагнита, по обмотке которого пропускается управляющий электрический ток. Нейтральное реле одинаково реагирует на постоянный ток любого направления. При отсутствии тока якорь оттягивается от сердечника возвратной пружиной. При наличии тока магнитный поток проходит через сердечник, якорь и воздушный зазор между якорем и сердечником. При этом создается электромеханическая сила, притягивающая якорь к сердечнику.

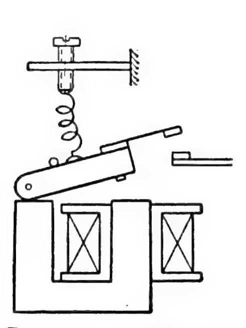


Рис. 17. Нейтральное электромагнитное реле с поворотным якорем.

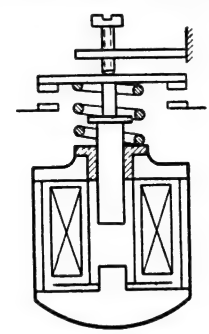


Рис. 18. Нейтральное электромагнитное реле со втяжным якорем.

Электромагнитные реле отличаются от обычных электромагнитов лишь наличием контактной системы, предназначенной для замыкания и размыкания управляемой электрической цепи (одной или нескольких).

По роду используемого тока электромагнитные реле подразделяют на реле постоянного тока и реле переменного тока. По характеру движения якоря основные типы реле можно разделить на две группы: поворотные и втяжные с перемещением якоря вдоль оси катушки (рис. 17, 18).

Другим типом электромагнитного реле является поляризованное реле.

Поляризованными реле называют такие, направление движения якоря которых при срабатывании зависит от направления тока в обмотках.

Принципиальная схема конструкции поляризованного реле приведена на рисунке 19. Основными деталями реле являются постоянный магнит *1*, создающий в стальном ярме поток Φ_0, намагничивающие катушки *2*, создающие в ярме *8* магнитный поток Φ_3, якорь *4*, на конце которого имеется средний контакт *5*, и неподвижные контакты *6*.

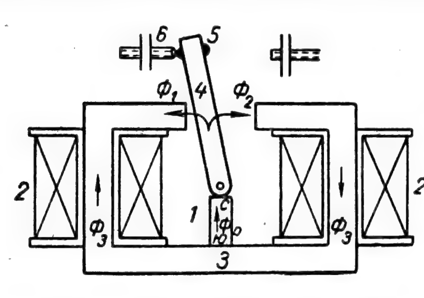


Рис. 19. Поляризованное реле:

1 — постоянный магнит; *2* — намагничивающие катушки; *3* — ярмо; *4* — якорь; *5* — средний контакт; *6* — неподвижные контакты.

Поток Φ_0 разветвляется так, что в одном из зазоров он складывается с магнитным потоком катушек, а в другом вычитается из него, поэтому сила, действующая на якорь, направлена в сторону зазора с большей величиной результирующего магнитного поля.

Работает реле следующим образом. При отсутствии тока в обмотках силы, действующие на якорь, равны, и он должен находиться в среднем положении. Это состояние неустойчивое, и якорь притянется вправо или влево в зависимости от регулировки.

Следовательно, при отсутствии тока в обмотке (т. е. управляющего сигнала) якорь находится в одном из крайних положений и удерживается в этом состоянии силой притяжения постоянного магнита. Предположим, что якорь находится в левом положении. Чтобы перебросить якорь в правое положение, следует в катушку реле подать ток такой полярности, чтобы созданный им магнитный поток складывался в правом зазоре и вычитался в левом зазоре. Когда величина результирующего потока на участке в правом зазоре превысит магнитный поток в левом, якорь быстро переместится из левого положения в правое.

Следовательно, для того чтобы сработало поляризованное реле, необходимо, чтобы сила, создаваемая магнитным полем управляющего сигнала, превышала силу притяжения якоря постоянным магнитом. Роль магнита аналогична роли возвратных пружин в нейтральных электромагнитных реле. Такого типа реле называются

двухпозиционными. Если якорь удерживается в нейтральном положении двумя пружинками, то такое реле называется трехпозиционным. Поляризованные реле обладают высокой чувствительностью и малым временем срабатывания.

Магнитоэлектрические реле являются наиболее чувствительными среди электромеханических реле и поэтому получили применение во многих сложных приборах в качестве промежуточного звена между чувствительным элементом и исполнительными цепями. Если для управления нейтральными электромагнитными реле нужна мощность 0,5—0,005 *вт,* а для управления поляризованными реле — 0,1—0,001 *вт,* то для управления магнитоэлектрическими реле обычно достаточно мощности $1 \cdot 10^{-8}$ *вт.*

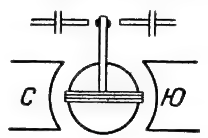


Рис. 20. Магнитоэлектрическое реле.

По принципу действия и устройству эти реле не отличаются от обычных магнитоэлектрических приборов, за исключением того, что вместо стрелки или другого указывающего устройства они снабжены небольшим рычагом с укрепленным на его конце контактом. При повороте подвижной системы под действием поступающего в ее рамку тока этот контакт, замыкаясь с неподвижными контактами, включает исполнительные электрические цепи (рис. 20).

Электронное реле — устройство, состоящее из электромагнитного реле (или другого исполнительного устройства) и трехэлектродной электронной лампы или полупроводникового триода, выполняющих роль усилителя (преобразователя).

Электронное реле быстродействующее и обладает высокой чувствительностью (мощность, необходимая для срабатывания реле, достигает $1 \cdot 10^{-12}$ *вт*).

Электронное реле представляет обычный усилитель на триоде, нагрузкой которого является катушка электромагнитного реле. Рабочая точка на анодно-сеточной характеристике лампы выбирается с помощью источника сеточного напряжения смещения E_g с таким расчетом, чтобы начальный анодный ток лампы $I_а$ был меньше тока срабатывания реле. При подаче на сетку лампы по-

ложительного сигнала анодный ток увеличивается и реле срабатывает.

Так как электронная лампа обладает способностью значительно усиливать сигнал, поданный на сетку, то для срабатывания реле достаточно сигнального напряжения V_c очень небольшой величины. При снятии V_c анодный ток уменьшается и реле опять разомкнет контакты управляемой электрической цепи (рис. 21).

Электротермическое реле основано на тепловом расширении твердых тел с различными коэффициентами линейного расширения. Основной деталью этого

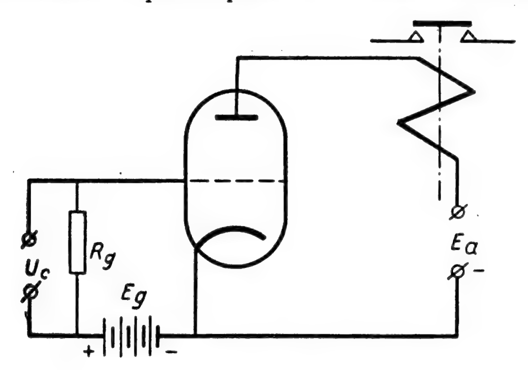


Рис. 21. Электронное реле.

вида реле является биметаллическая пластинка, которая при нагревании или охлаждении изгибается. При этом замыкаются контакты электрической цепи. Недостатком электротермических реле являются малое контактное давление и большая инерционность. Поэтому приходится прибегать к специальным дополнительным устройствам.

Различные конструкции реле с биметаллической пластинкой изображены на рисунке 22.

Существующие типы тепловых реле можно разбить на две группы: реле непосредственного действия и реле с подогревом.

В реле первой группы тепло передается воспринимающему органу непосредственно, путем теплообмена, в реле второй группы тепло выделяется током, проходящим через воспринимающий орган реле. Электротермические реле часто применяются в качестве максимальных реле тока для защиты электродвигателей или от-

дельных блоков при перегрузках. Чувствительным элементом этих реле служит электроподогреватель, промежуточным (преобразователем) — биметаллическая пластинка, исполнительным — контакты. Для температурной

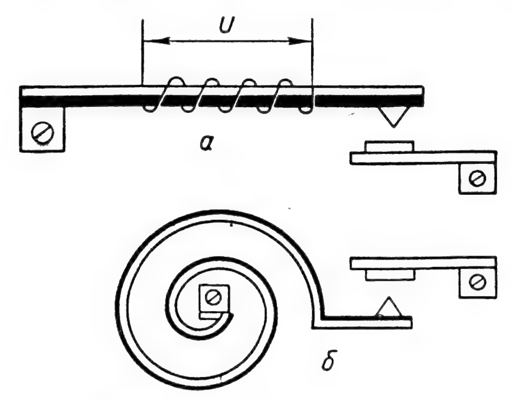


Рис. 22. Конструкции электротермических реле с биметаллической пластинкой:

а) электронагрев, *б*) нагрев посредством теплообмена.

компенсации среды второй контакт укрепляется также на биметаллической пластинке, изгибаемой при изменении температуры среды в ту же сторону, что и первая пластинка (рис. 23).

Электроподогреватель таких реле включается последовательно в цепь контролируемой нагрузки, а контакты — либо в цепь пускового реле, включающего данную нагрузку, либо непосредственно в цепь контролируемой нагрузки. Подобные реле являются фактически тепловыми выключателями, так как после срабатывания они сами не возвращаются в исходное положение.

Максимальные тепловые реле монтируют совместно с пусковыми контакторами, включая подогреватель последовательно в цепь главных контактов, а контакты

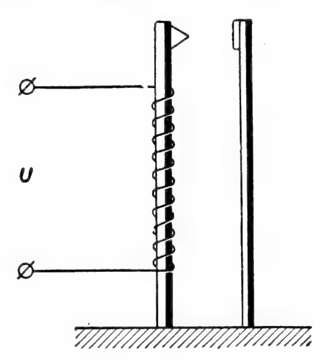


Рис. 23. Электротермическое реле с подогревом и температурной компенсацией среды.

теплового реле — последовательно в цепь катушки контактора.

Биметаллическая пластинка *2* (рис. 24) нагревается электроподогревателем *1* и изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом теплового расширения (вверх) и, когда ток в подогревателе превышает допустимую величину, освобождает защелку *3*. При этом защелка вместе с изоляционным упором *6* под действием спиральной пру-

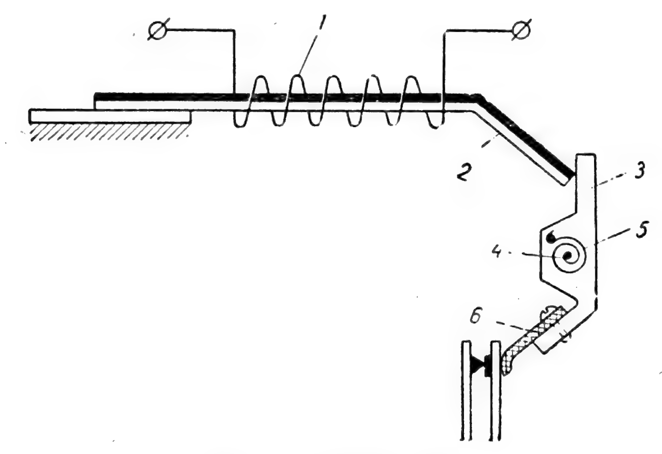


Рис. 24. Тепловое реле:

1 — электроподогреватель; *2* — биметаллическая пластинка; *3* — защелка; *4* — ось; *5* — спиральная пружина; *6* — изоляционный упор.

жины *5* поворачивается вокруг оси *4* против хода часовой стрелки и контакты реле размыкаются. Для приведения реле в рабочее положение необходимо отжать защелку и ввести ее в зацепление с биметаллической пластинкой. Для удобства возврата применяются специальные кнопки. Регулировка реле может производится перемещением оси *4*. Мощность срабатывания биметаллических реле составляет не менее нескольких ватт, а время срабатывания — от десятков долей секунды до нескольких минут. Поэтому биметаллические реле со значительной инерционностью часто применяются в качестве простейших реле времени с выдержкой до 10 минут.

Исполнительный орган (силовой элемент). Для непосредственного воздействия на управляемый объект в со-

ответствии с изменением управляющей электрической величины служит исполнительный орган, или силовой элемент. Если управляемый объект должен иметь значительное линейное или угловое перемещение, то в качестве исполнительного органа используют электрический двигатель.

Соленоидный двигатель — другой тип исполнительного элемента, часто применяемого в устройствах автоматики. Этот двигатель создает небольшое поступательное перемещение своего сердечника, присоединяемого к регулирующему механизму.

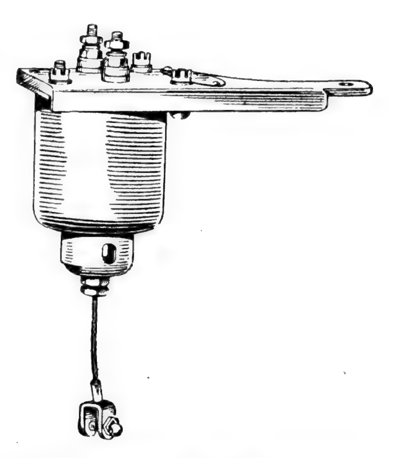


Рис. 25. Соленоидный двигатель.

Соленоидный двигатель состоит из катушки, внутри которой расположен стальной сердечник. При пропускании тока через катушку, внутри которой возникает магнитное поле, сердечник втягивается. Для некоторого увеличения силы втягивания внутри катушки помещается короткий стальной стержень (стоп), а сама катушка помещается в стальной цилиндрический кожух (рис. 25). Это создает почти замкнутый магнитопровод с малым сопротивлением и рассеиванием.

Часто исполнительным органом автоматических устройств являются различного рода муфты. Дисковая муфта представляет электромагнит с якорем. В муфте (рис. 26) корпус *2* электромагнита жестко закреплен на ведущем валу *1*, а якорь *5* расположен на скользящей шпонке на ведомом валу *7*. Между корпусом и якорем помещена фрикционная прокладка *3*. В корпусе находится катушка *4*. Если через эту катушку пропустить ток, то в корпусе возникает магнитный поток, пронизывающий фрикционную прокладку и замыкающийся якорем. Якорь окажется притянутым к корпусу, и движение ведущего вала *1* через корпус и якорь будет передано ведомому валу *7*.

По прекращении подачи тока в катушку пружина *6* отталкивает якорь от корпуса и движение ведомого вала прекращается.

Порошковая муфта состоит из двух дисков, между которыми находится ферромагнитный порошок. Если создать между дисками магнитное поле, то частицы порошка притягиваются вместе с дисками и связывают их во время передачи вращения между собой. Порошковые муфты передают довольно большие крутящие моменты при сравнительно небольших размерах.

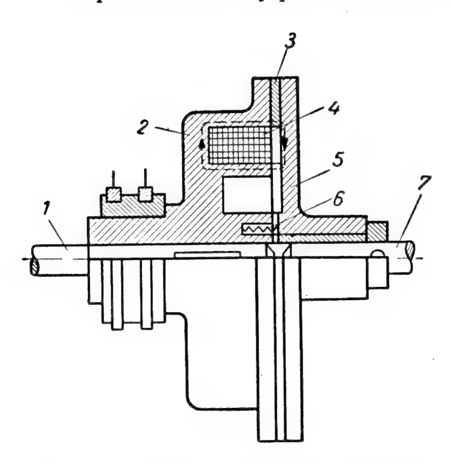


Рис. 26. Дисковая электромагнитная муфта сцепления:

1 — ведущий вал; *2* — корпус электромагнита; *3* — прокладка; *4* — катушка; *5* — якорь; *6* — пружина; *7* — ведомый вал.

Важной деталью электрических реле являются контакты.

По своему назначению контакты бывают замыкающими, размыкающими и переключающими (рис. 27).

К первой группе относятся контакты, которые замыкаются после срабатывания реле. Обычно считают нормальным такое состояние реле, при котором ток, прохо-

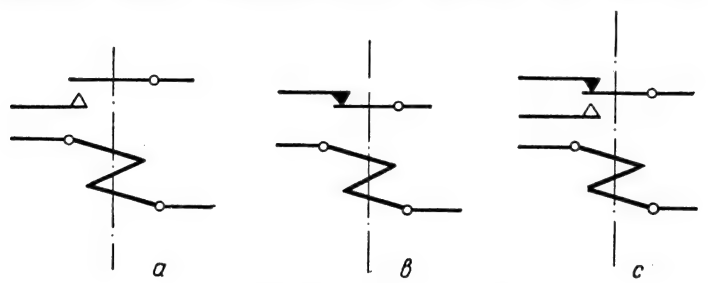


Рис. 27. Группы контактов:

а — замыкающие, или нормально открытые; *б* — размыкающиеся, или нормально закрытые; *в* — переключающие.

дящий через его катушку, равен нулю или недостаточен для срабатывания. Пусковые реле имеют контакты на замыкание. Максимальные реле, выключающие цепь при перегрузке, имеют контакты на размыкание. Реле, используемые для изменения режима работы или разветвления электрических цепей, имеют контакты на переключение.

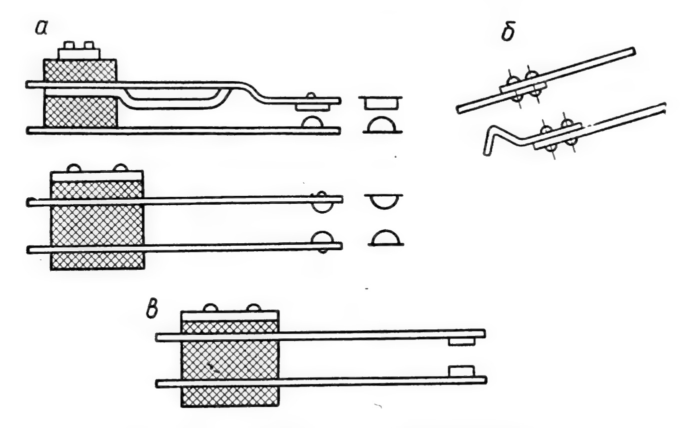


Рис. 28. Контакты различной формы:

а — точечные (употребляются при токе до 5 *А*); *б* — линейные (употребляются при токе 5—10 *А*); *в* — плоскостные (употребляются при токе более 10 *А*).

В зависимости от формы соприкасающихся поверхностей различают точечные, линейные и плоскостные контакты (рис. 28).

Контакты делаются в основном из серебра, меди, платины и их сплавов, вольфрама, графита и др. К специальным типам контактов относятся ртутные и вакуумные.

Автоматические устройства

Устройства автоматического контроля и сигнализации. Эти устройства без участия человека контролируют различные физические параметры (температуру, давление, электрическое напряжение, уровень жидкости и т. д.), размеры и качество обработки деталей, учитывают их и т. п.

Кроме того, устройства автоматического контроля сигнализируют о появлении аварийных режимов работы и неполадок.

В самом простом случае устройство автоматического контроля состоит из датчика и измерительного или сигнализирующего прибора. Например, контроль размера детали осуществляется контактным датчиком, а результат измерения выдается в виде надписей на светящихся табло: «ниже нормы», «выше нормы», «норма».

Иногда необходимо производить контроль большого числа измеряемых величин и одновременную сигнализацию их значений. Сигналы в этом случае оформляются

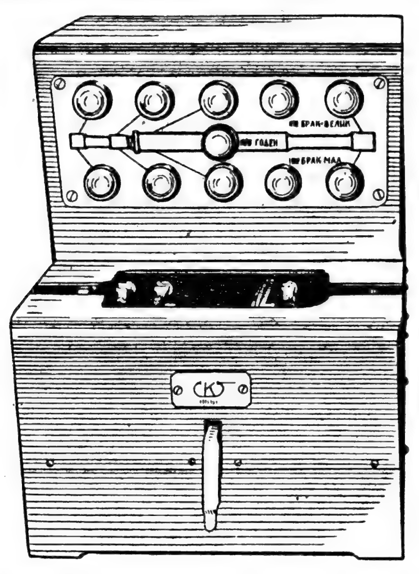
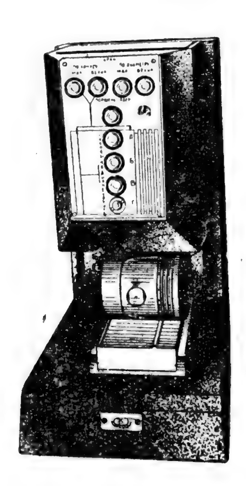


Рис. 29. Светофорный прибор контроля валиков.


Рис. 30. Светофорный прибор контроля размеров поршня.

в виде упрощенного изображения контролируемого изделия. Такие устройства сигнализации большого числа параметров широко применяются в энергетике, машиностроении и других областях техники. На рисунке 29 изображен светофорный прибор, служащий для контроля размеров валиков электромоторов по пяти сопрягаемым рабочим размерам. Валик вставляется в контрольное устройство так, что по всем своим диаметрам он охватывается скобами, соединенными с электроконтактными датчиками. Сверху расположена панель, на которой сделано изображение контролируемого вала и размещены

по две сигнальные лампочки на каждый контролируемый размер. Если размер лежит в пределах установленного допуска, то загорается центральная лампочка «годен». Если размер отклоняется от заданного допуска, то загорается или верхняя лампочка «брак велик» или нижняя «брак мал».

На рисунке 30 изображен подобный контрольный автомат для проверки основных размеров поршня. В подобных приборах число одновременно контролируемых размеров достигает 15 и более.

Если к датчику автоматического контроля вместо сигнализирующего или указывающего прибора подключить исполнительное устройство, мы получим прибор автоматической сортировки.

Наибольшее распространение автоматическая сортировка нашла в машиностроении для разделения изделий по размерам или по свойствам металлов (твердость).

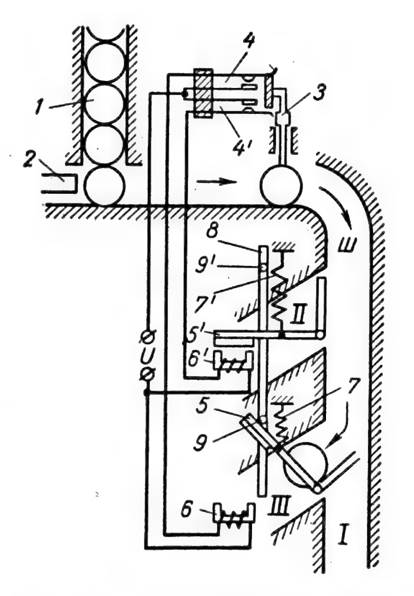


Рис. 31. Принципиальная схема сортировочного автомата:

1 — канал; *2* — толкатель; *3* — измерительный штифт датчика; *4, 4'* — контакты; *5, 5'* — заслонки; *6, 6'* — электромагниты; *7, 7'*—пружины; *8* — тяга; *9 9'* — палец; *I* — вертикальный канал; Ш — шахта; *II, III* — боковые каналы.

На рисунке 31 изображена принципиальная схема автомата для сортировки валиков по диаметру.

Из бункера валики попадают в канал *1* и далее с помощью толкателя *2* по одному направляются на контроль и сортировку. Валики сортируются на три группы Если диаметр лежит в пределах допуска, то валик, падающий в шахту *Ш,* проваливается в вертикальный канал *I,* если ниже допуска, то направляется в боковой канал *II,* а если выше допуска, то направляется в боковой канал *III.*

Контроль осуществляется с помощью контактного датчика, а разделение по группам — с помощью электромаг-

нитных заслонок. Когда диаметр не выходит за пределы допуска, то измерительный штифт датчика *3* расположен так, что оба контакта датчика *4* и *4′* замкнуты. При этом обе заслонки *5* и *5′* удерживаются электромагнитами *6* и *6′* так, что закрывают каналы *II* и *III* и после контроля валик падает в канал *I*. На рисунке показан случай, когда диаметр валика превышает установленное значение. В этом случае контакт датчика *4* размыкается, разрывая цепь питания электромагнита *6*, и заслонка *5* под действием пружины *7* поворачивается, открывая канал *III* и закрывая канал *I*. Заслонка *5* остается в таком положении и после того, как валик вышел из-под датчика и контакт *4* замкнулся, так как угол поворота заслонки настолько велик, что включение электромагнита не вызывает ее обратного притяжения. Поэтому по окончании отсортировки каждого валика тяга *8* кратковременно опускается и с помощью пальца *9* возвращает заслонку в исходное положение.

Точность контроля подобного автомата составляет несколько микрон при производительности несколько сот деталей в минуту.

Усложнение технологических процессов, укрупнение промышленных установок, повышение требований к качеству продукции, совершенствование управления процессами — все это привело к резкому увеличению количества и разнообразия измерительной и контрольной аппаратуры на отдельном агрегате. Длина щитов управления достигает иногда десятков метров. Даже такие несложные операции, как ежесуточая смена диаграмм приборов-самописцев, заливка чернил в приборы, благодаря большому числу последних возрастают в серьезную проблему.

Оператор не успевает просматривать показания приборов, а поэтому не может в полной мере учитывать эти показания в своей работе.

В настоящее время для автоматического контроля технологических процессов создаются компактные и удобные системы.

В 1958 г. в СССР была создана машина для автоматической регистрации и сигнализации на 300 точек (МАРС-300). МАРС-300 контролирует температуры, расходы, вакуум и ряд других величин одновременно в 300 точках. Всего полминуты затрачивается на весь цикл

измерений. В течение этого времени осуществляется контроль всех трехсот показателей. Регистрация показаний производится на специальных картах с помощью пишущей машинки с электромеханическим устройством. Отклонения от норм выделяются шрифтом другого цвета. Аварийные отклонения, кроме записи с указанием номера объекта и времени, дублируются световыми и звуковыми сигналами. Машина МАРС-300 рассчитана на работу со стандартными датчиками. В любой момент оператор по особому вызову может проверить любой контролируемый объект.

В МАРС-300 работает 26 электронных ламп и 600 германиевых диодов, а заменяет она 300 индивидуальных приборов, содержащих тысячи электронных ламп и десятки тысяч других радиодеталей. Помимо огромной экономии времени, она позволяет экономить несколько киловатт электроэнергии.

Устройства автоматической защиты. Автоматическая защита оборудования от аварий — это специальная система автоматики, которая в случае аварии агрегата немедленно вступает в строй, отключает другие средства автоматизации и приводит агрегат в состояние, предотвращающее или значительно замедляющее развитие аварии.

Например, если перегорят трубы парового котла, необходимо погасить топку и усилить отсос газов и паров из нее. Котел нужно отсоединить от общего трубопровода и от общей питательной магистрали и перевести на питание водой от отдельного насоса. Подобные операции разрешается выполнять только наиболее квалифицированному и опытному персоналу.

С развитием электрификации особо большое значение принимает автоматическая защита электрооборудования, электрических сетей и обслуживающего персонала в случаях нарушений нормального режима работы (короткие замыкания, перегрев обмоток электродвигателей, снижение напряжения сети ниже допустимых пределов и т. п.).

В зависимости от видов опасности, которой подвергается электроустановка, различают следующие виды защиты:

а) максимальная токовая защита от коротких замыканий и перегрузок,

б) тепловая защита от перегрева обмоток электродвигателей,

в) минимальная или нулевая защита от снижения напряжения в сети ниже допустимой величины.

Максимальная токовая защита осуществляется при помощи плавких предохранителей или максимальных токовых реле. Плавкие предохранители представляют собой отрезок проволоки (вставку из легкоплавкого металла), включенный последовательно в цепь нагрузки. Когда через такой отрезок проволоки проходит ток выше тока плавления вставки, вставка расплавляется и отключает аварийный участок сети.

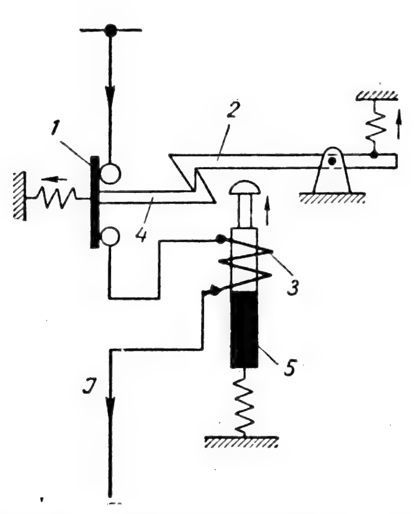


Рис. 32. Принципиальная схема реле максимального тока:

1 — контакты выключателя; 2 — защелка; 3 — катушка; 4 — защелка контактная; 5 — сердечник.

Время плавления вставки зависит от величины протекающего через нее тока. Вставка не расплавляется при токах, больших номинального в 1,25 раза, при токах, больших номинального в 1,6 раза, она расплавляется через 50 минут, при токе, превышающем номинальный в 8—10 раз, вставка расплавляется мгновенно.

Значит, плавкие вставки не могут защищать от небольших, но длительных перегрузок. Они надежно работают при токах короткого замыкания в электроприборе или электрической сети. Более надежна в этом отношении релейная защита.

Максимальное токовое реле представляет собой электромагнит, катушка которого включается последовательно в цепь главного тока (обычно через трансформатор тока). При нормальном токе, протекающем через обмотку реле, якорь реле опущен. Если величина тока выше допускаемой, якорь реле притягивается к сердечнику и размыкает контакты выключателя.

На рисунке 32 изображена принципиальная схема реле максимального тока. Цепь тока замкнута контактами выключателя *1*, который удерживается защелкой *2*. Размыкание контактов происходит под действием отключающей пружины.

Катушка максимального токового реле включена последовательно в цепь главного тока. Если через катушку реле проходит ток, который равен току срабатывания или больше его, стальной сердечник *5* втягивается в катушку *3* и толкатель выбивает защелку *4*. Под действием отключающей пружины контакты выключателя размыкаются. Обратное включение производится специальной кнопкой (на чертеже не показана).

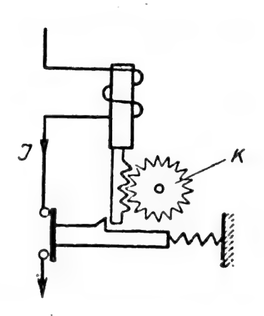


Рис. 33. Схема устройства максимальной токовой защиты с выдержкой времени: *К* — зубчатая система.

Такие максимальные токовые реле применяют для защиты электрических сетей от коротких замыканий и больших перегрузок. Их недостаток заключается в том, что при кратковременных, неопасных для электрической сети перегрузках они срабатывают и лишают потребителя электроэнергии.

Во многих случаях повреждения носят временный характер, например в воздушных линиях передач. Поэтому для повышения надежности электроснабжения на воздушных линиях реле максимального тока снабжаются выдержкой времени. Если в течение определенного промежутка, на который настроено реле времени, повреждение не проходит, тогда вступают в действие автоматические выключатели.

Схема устройства максимальной токовой защиты с выдержкой времени приведена на рисунке 33. Здесь освобождение защелки происходит не мгновенно после увеличения тока, а через определенный промежуток времени, необходимый для того, чтобы зубчатая система *К* повернулась на некоторый угол.

Защитное действие плавких предохранителей и максимальных токовых реле определяется величиной тока. Но для изоляции двигателей опасность представляет не

непосредственно величина тока, а количество тепла, выделяющегося в двигателе.

Для защиты обмоток двигателей от перегрева применяют тепловые реле. В качестве чувствительного элемента в тепловых реле используют биметаллическую пластинку. На рисунке 34 изображено тепловое реле типа Т-1. Основной частью термореле является биметаллическая мембрана *1* с укрепленным в центре контактом *2*. Биметаллическая мембрана помещается в тепло- и электропроводящий кожух *3*. Вторым контактом служит изолированный от кожуха регулировочный винт *4*. Термореле монтируется на лобовой части статорной обмотки двигателя. При повышении температуры обмотки электродвигателя выше допустимой биметаллическая мембрана прогибается и размыкает цепь управления, что вызывает отключение двигателя. После охлаждения обмоток биметаллическая мембрана возвращается в исходное положение и замыкает контакты *2—4*. Появляется возможность повторного пуска двигателя.

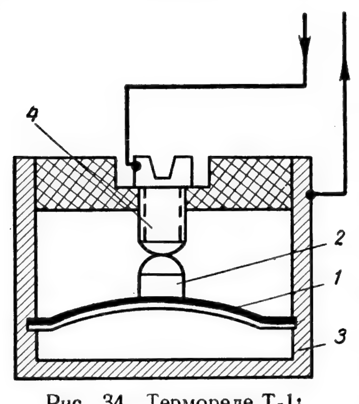


Рис. 34. Термореле Т-1:
1 — биметаллическая мембрана; *2* — контакт; *3* — кожух; *4* — винт регулировочный.

Для электродвигателей представляет опасность не только увеличение тока сверх допустимого, но и снижение напряжения, которое влечет за собой в некоторых случаях перегрев двигателя и несчастные случаи с обслуживающим персоналом.

При длительном значительном понижении напряжения на зажимах асинхронных двигателей возрастает потребляемый ток, что может привести к перегреву обмоток.

В этих случаях применяют устройства минимальной защиты.

Другой обширной областью применения автоматической защиты являются устройства автоматической блокировки, которые защищают аппаратуру от неправильных действий со стороны обслуживающего персонала,

ограничивают масштабы аварии. Устройства автоматической блокировки обеспечивают безопасность производства ряда работ.

Рассмотрим конкретный пример применения автоматической блокировки для создания условий безопасной работы на прессе (рис. 35). Для того чтобы привести пресс в действие, рабочий нажимает на педаль. Но педаль может быть случайно нажата в тот момент, когда в рабочей зоне пресса будет находиться рука рабочего.

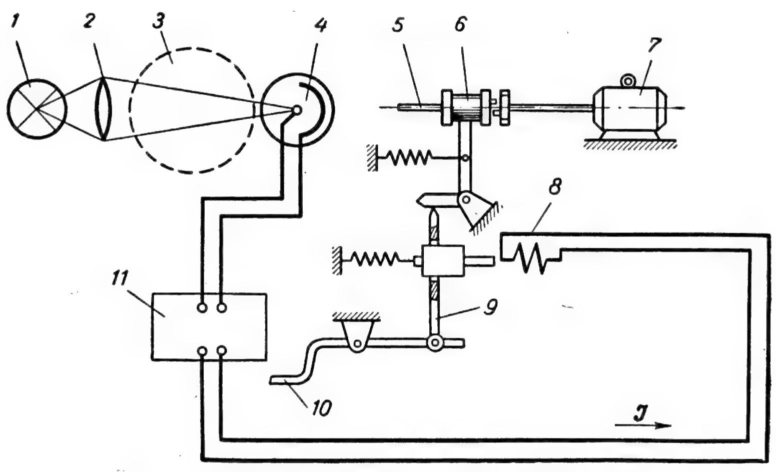


Рис. 35. Схема устройства блокировки пресса:

1 — лампа; *2* — оптическая система; *3* — опасная зона; *4* — фотоэлемент; *5* — привод к прессу; *6* — кулачковая муфта; *7* — эл. двигатель пресса; *8* — электромагнит; *9* — толкатель; *10* — педаль; *11* — фотоэлектронный усилитель.

Чтобы предупредить несчастный случай, в районе опасной зоны устанавливается фотоэлемент, на который падает луч света от осветителя. Между электродами фотоэлемента проходит слабый электрический ток. Этот электрический сигнал от датчика-фотоэлемента усиливается в преобразователе и подается на исполнительное устройство — силовой электромагнит, внутрь которого втягивается якорь-предохранитель. При этом освобождается толкатель педали управления приводом пресса.

Когда рука рабочего находится в опасной зоне, луч света задерживается рукой и не попадает на фотоэлемент, фотореле выключает ток в обмотке электромаг-

нита и якорь-предохранитель под действием пружины запирает толкатель педали. Теперь нажим на педаль не вызовет включения пресса.

Особенно широко применяются устройства автоматической блокировки на железнодорожном транспорте. Они позволяют значительно повысить пропускную способность стальных магистралей и обеспечивают безопасность движения.

Устройства автоматического управления. Назначение устройств автоматического управления состоит в том, чтобы освободить человека от непосредственного участия в операциях пуска и остановки различных агрегатов, сохранив за ним только функцию подачи сигналов к пуску или остановке.

Значение устройств автоматического управления станет понятным, если напомнить, что только электрические двигатели небольшой мощности могут быть включены простым замыканием рубильника. При включении асинхронных двигателей с контактными кольцами, а тем более синхронных двигателей в сеть необходимо ограничить величину пускового тока. Для этой цели в момент пуска двигателя в цепь вводят сопротивление. По мере повышения скорости вращения якоря потребляемый ток уменьшается. Тогда часть введенного сопротивления закорачивают, что вызывает новый бросок тока. При дальнейшем увеличении скорости вращения якоря ток вновь снижается до требуемого минимального значения, после чего выводится следующая ступень сопротивления, происходит следующий бросок тока и т. д. В конце цикла пуска двигателя сопротивление полностью закорачивают. Когда якорь двигателя достигнет нормальной скорости вращения, ток спадает до рабочей величины.

Ввиду такой сложной операции пуска электродвигателей и многих других производственных агрегатов были созданы автоматические устройства, которые позволили сложную операцию пуска свести только к одной простейшей начальной операции вроде замыкания рубильника или нажатия кнопки.

Рассмотрим применение автоматики для пуска электродвигателя в функции тока (рис. 36), т. е. с учетом пускового тока.

В главную цепь двигателя включены последовательно три ограничивающих ток сопротивления R_1, R_2 и R_3.

Электромагнитные реле тока последовательного включения 1*РТ*, 2*РТ* и 3*РТ*, обмотки которых имеют малые сопротивления, поочередно вводятся в действие при срабатывании мощных электромагнитных реле (контакторов) *Л*, 1*У*, 2*У*, 3*У*. Нормально закрытые контакты этих реле замыкаются при уменьшении тока якоря до заданного значения.

Действие схемы управления при пуске двигателя происходит в такой последовательности: при кратковре-

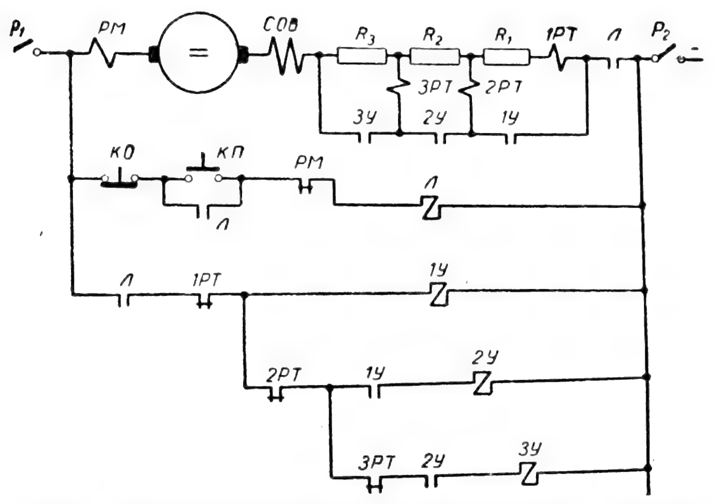


Рис. 36. Схема автоматического устройства пуска двигателя постоянного тока в функции тока.

менном нажатии пусковой кнопки *КП* включаются и блокируются через свой нормально открытый контакт линейный контактор *Л*, нормально замкнутый контакт реле 1*РТ* размыкается. В цепь якоря двигателя введены все три сопротивления, ограничивающие ток. Якорь двигателя начинает вращаться. При уменьшении тока до заданного значения реле 1*РТ* замыкает свой нормально замкнутый контакт и включает контактор управления 1*У*. Контакт последнего закорачивает сопротивление R_1 и цепь катушки реле 1*РТ* и вводит в действие реле 2*РТ*. Следует новый бросок тока, реле 2*РТ* размыкает свой нормально замкнутый контакт. Реле 2*РТ* при спадании тока замыкает свой нормально замкнутый контакт и включа-

ет контактор *2У*, закорачивается сопротивление R_2 и цепь катушки реле *2РТ*, вводится в действие реле *3РТ*. Затем таким же образом включается контактор *3У* и последнее, ограничивающее ток сопротивление закорачивается. Двигатель развивает нормальные обороты. Остановка двигателя производится кратковременным нажатием кнопки *КО*. При этом цепь катушки линейного контактора *Л* размыкается и двигатель отключается от сети.

В главную цепь двигателя включено реле максимального тока, которое защищает двигатель от перегрузки. При коротком замыкании и при перегрузке это реле размыкает цепь катушки линейного контактора *Л*.

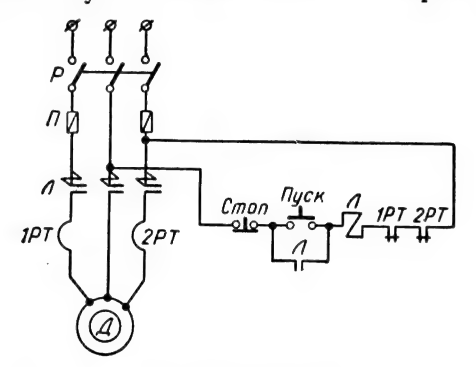


Рис. 37. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

С помощью устройств автоматического управления не только запускают или останавливают агрегат, но и тормозят, реверсируют и т. д. Часто устройства автоматического управления применяют совместно с устройствами автоматического контроля и защиты.

Для пуска, остановок и реверсирования небольших асинхронных двигателей применяют магнитные пускатели.

На рисунке 37 приведена схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Включение и отключение двигателя производится линейным контактором *Л*. Управление двигателем производится дистанционно, при помощи кнопочной станции, состоящей из двух кнопок: «пуск» и «стоп».

При нажатии кнопки «пуск» катушка контактора *Л* получает питание и притягивает якорь, на котором укреп-

лены подвижные контакты. Контактор *Л* своими силовыми контактами подключает статор двигателя к сети. Блокировочный нормально открытый контакт *Л* шунтирует контакт кнопки «пуск», что позволяет отпустить эту кнопку, не прерывая питания катушки *Л*.

Остановку двигателя осуществляют при нажатии кнопки «стоп».

Защита от коротких замыканий производится при помощи плавких предохранителей *П*, а от перегрева двигателя — двумя тепловыми реле 1*РТ* и 2*РТ*. В случае перегрузки двигателя он отключается вследствие размыкания контактов тепловых реле.

Двигатель отключается от сети и в том случае, если напряжение на катушке *Л* снизится до величины менее 0,8 номинального, так как магнитный поток, созданный катушкой *Л*, не будет удерживать якорь контактора, а следовательно, и его контакты во включенном положении.

Устройства автоматического управления иногда освобождают человека и от подачи начального пускового импульса. Параллельно кнопкам «стоп» и «пуск» подключают контакты какого-либо реле, включенного в цепь датчика.

Автоматическое управление ходом технологического процесса происходит по заранее заданной программе. Программное устройство представляет собой переключатель, приводимый в движение с постоянной скоростью электродвигателем или часовым механизмом. Контакты переключателя располагают таким образом, чтобы продолжительность посылки импульса на выполнение каждой операции соответствовала ходу технологического процесса.

Отечественная промышленность выпускает командные электропневматические приборы (КЭП) на 3, 6, 10, 12 цепей управления (рис. 38), которые позволяют автоматизировать производственные процессы по заранее установленному графику времени.

КЭП имеет синхронный электродвигатель, вращающий через редуктор барабан, на котором установлены выключатели. Число выключателей равно числу цепей управления. На каждом из выключателей установлены два пальца, из которых один замыкает, другой размыкает контакты цепи управления. Место установки паль-

цев изменяют, передвигая их по специальным канавкам барабана.

Прибор воздействует на электрические или пневматические цепи управления или же на те и другие. КЭП

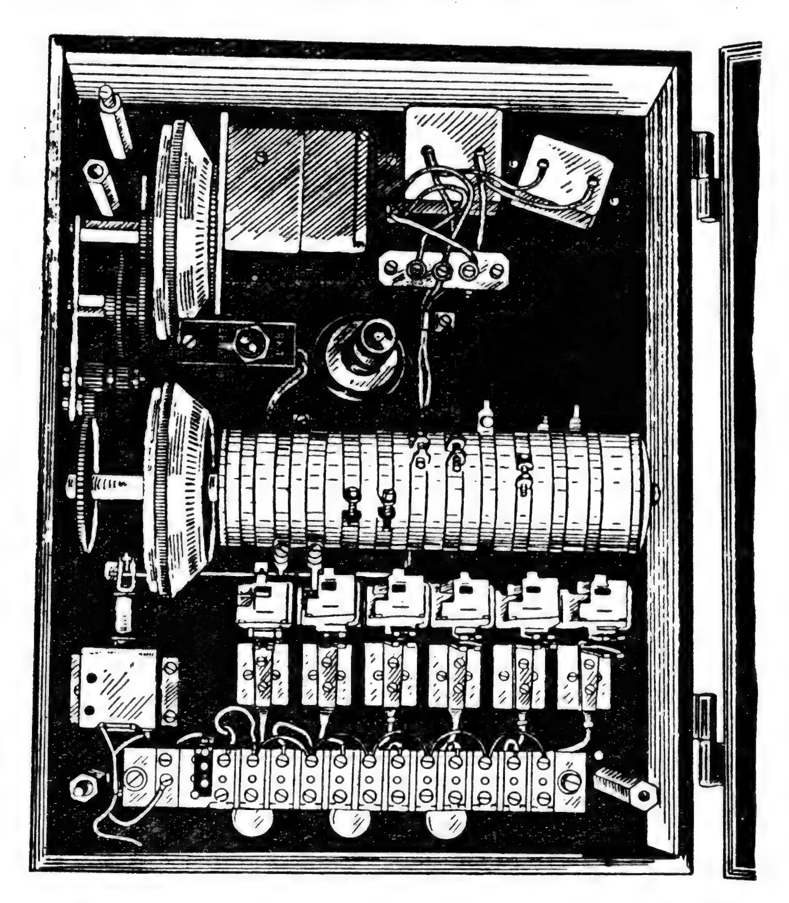


Рис. 38. Командный электропневматический прибор на 6 цепей управления.

может работать непрерывно, повторяя цикл за циклом. Например, в определенное время и в определенной последовательности включать и выключать приборы какой-либо установки.

Для автоматизации производственных процессов большое значение имеют электронные цифровые машины с автоматическим программным управлением. В этих машинах программа рабочего процесса наносится на перфорированную бумажную ленту или на магнитную пленку в форме определенной математической зависимости. Управляющее программное устройство «читает» заданную программу и посылает электрические импульсы, управляющие процессом.

Устройства автоматического регулирования. Автоматические устройства контроля, защиты и управления обеспечивают лишь частичную автоматизацию производственных процессов. Полную автоматизацию невозможно осуществить без применения устройств автоматического регулирования. В настоящее время трудно указать такую отрасль науки и техники, в которой не применялись бы автоматические регуляторы, устройства которых так воздействуют на ход технологического процесса, что какая-либо величина, характеризующая производственный процесс, в течение определенного времени остается неизменной.

Автоматически регулируется заданный уровень воды в водонапорных башнях, температура и влажность воздуха в колхозном инкубаторе, в электротехнике особое значение приобрело автоматическое регулирование напряжения, величины тока и частоты, в энергосистемах правильно распределяется нагрузка между отдельными электростанциями. Без автоматического регулирования во многих случаях была бы невозможна параллельная работа нескольких агрегатов или нескольких электрических станций на одну сеть. Автоматическое регулирование применяется для поддержания заданного курса корабля, самолета или ракеты.

Устройства автоматического регулирования обеспечивают требуемый оптимальный режим работы агрегатов или технологических процессов без участия человека. Человек лишь первоначально настраивает устройства автоматического регулирования на заданный режим работы.

На схеме рисунка 39 изображена принципиальная блок-схема устройства автоматического контроля. От объекта контроля *О* сигнал поступает к датчику *Д*, в котором контролируемая величина преобразуется в изме-

нение электрического сигнала. От датчика сигнал подается на измерительный или самопишущий прибор *П*. На рисунке 40 изображена принципиальная блок-схема устройства автоматического управления. Здесь сигнал, поданный человеком или каким-либо устройством, попа-

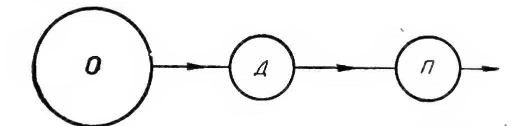


Рис. 39. Блок-схема устройства автоматического контроля.

дает в управляющий орган *У*, от него в исполнительный *И*, который произведет необходимые изменения в управляемом объекте *О*.

В обоих случаях сигнал, полученный от объекта конт-

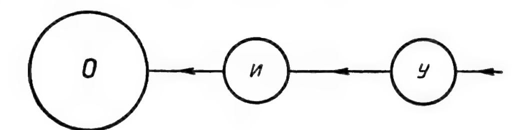


Рис. 40. Блок-схема устройства автоматического управления.

роля или управления, не возвращается обратно. Такие устройства получили общее название устройств с разомкнутой цепью воздействия.

Теперь рассмотрим принципиальную блок-схему устройства автоматического регулирования (рис. 41). Здесь можно видеть две цепи воздействия: первая цепь—объ-

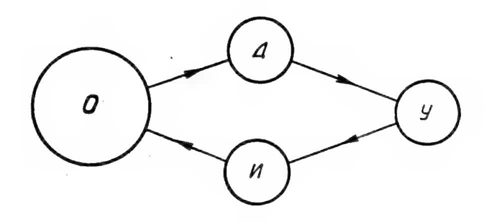


Рис. 41. Блок-схема устройства автоматического регулирования.

ект — датчик — управляющий орган — выполняет функцию контроля, и вторая цепь — управляющий орган — исполнительное устройство — объект — выполняет функцию управления регулируемой величиной.

Такие устройства, в которых сигнал, полученный от объекта, в измененном виде возвращается через цепь контроля к управляемому объекту, называются устройствами с замкнутой цепью воздействия (циклом работы). В этом случае цепь, выполняющую функцию контроля, называют еще «обратной связью».

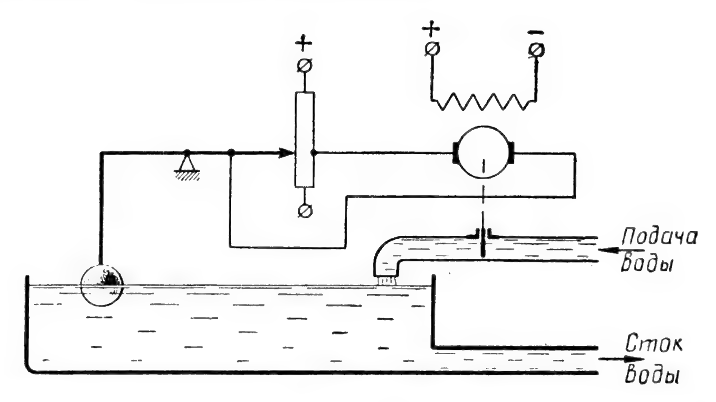


Рис. 42. Схема автоматического регулирования уровня воды в баке.

Системы автоматического регулирования (САР) с замкнутым циклом работы подразделяются на статические, астатические и изодромные.

К системам первой группы относятся такие, в которых каждому значению регулируемой величины соответствует одно и притом единственное положение регулирующего органа.

Примером использования статического регулирования служит описанный выше (на стр. 7) регулятор уровня Ползунова.

Ко второй группе относятся системы, в которых каждому положению регулируемой величины соответствует различное положение регулирующего органа.

Примером может служить регулирование уровня воды в баке, представленное на схеме рисунка 42 (сравнить со статическим регулятором Ползунова).

При изменении уровня воды в баке изменяется положение движка потенциометра якорной обмотки двигателя. В результате этого двигатель приходит во вращение в нужную сторону, перемещая заслонку на трубопроводе. Система придет в равновесие при достижении заданного уровня.

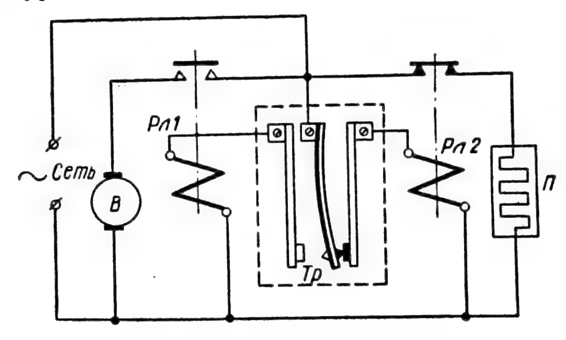


Рис. 43. Схема термостата.

Астатический регулятор имеет преимущества перед статическим регулятором. В первом нет статической ошибки, присущей последним. Но в то же время применение статического регулятора уменьшает амплитуду колебания и время становления в переходном процессе регулирования.

Поэтому часто строят регуляторы на принципе объединения статического и астатического регулирования. Такой регулятор носит название изодромного и обеспечивает хорошее качество регулирования, свободное от статической ошибки и от большого времени установления.

Познакомимся с устройствами автоматического регулирования на нескольких примерах.

Рассмотрим простейший регулятор температуры.

На рисунке 43 приведена схема термостата, датчиком которого является тепловое реле с биметаллической пластинкой. С понижением температуры в термостате биметаллическая пластинка изгибается в сторону металла с большим коэффициентом теплового расширения. При этом замыкаются правые контакты теплового реле, вызывая срабатывание реле $Р_л$ *2,* включающего электроподогреватель *П.* С повышением температуры биметаллическая пластинка изгибается в обратную сторону и электро-

подогреватель выключается. Когда температура в термостате достигает заданной максимальной величины, биметаллическая пластинка, изогнувшись, замыкает левые контакты теплового реле. При этом срабатывает реле $Р_л 1$, включающее вентилятор. Таким образом, температура внутри термостата поддерживается автоматически в определенных пределах.

Для того чтобы при изменяющейся нагрузке поддерживать постоянное напряжение на зажимах генератора, применяют угольный регулятор напряжения, схема которого показана на рисунке 44.

Уменьшение напряжения на зажимах генератора передается на обмотку электромагнита *8*. Якорь электромагнита опускается и под действием собственного веса и пру-

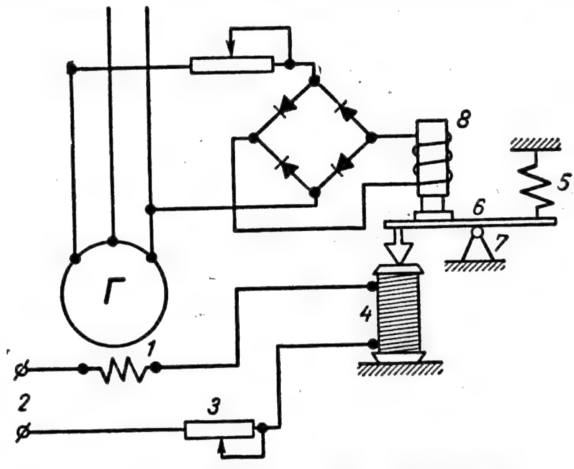


Рис. 44. Угольный регулятор напряжения:

Г — генератор; *1* — обмотка возбуждения; *2* — зажимы стабилизированного напряжения; *3* — потенциометр; *4* — угольный столбик; *5* — пружина; *6* — стержень; *7* — опора стержня; *8* — электромагнит.

жины *5* через стержень *6* оказывает давление на угольный столбик *4*, состоящий из большого числа тонких угольных шайб. При сдавливании угольных шайб сопротивление столбика уменьшается, а так как он включен последовательно в цепь возбуждения генератора *1*, то ток в этой цепи увеличивается, что вызывает повышение напряжения на зажимах *2*.

Большая трудоемкая работа по снабжению водой сельскохозяйственного производства может быть в значительной степени облегчена при использовании устройств автоматического регулирования.

Рассмотрим работу автоматизированной водокачки (рис. 45).

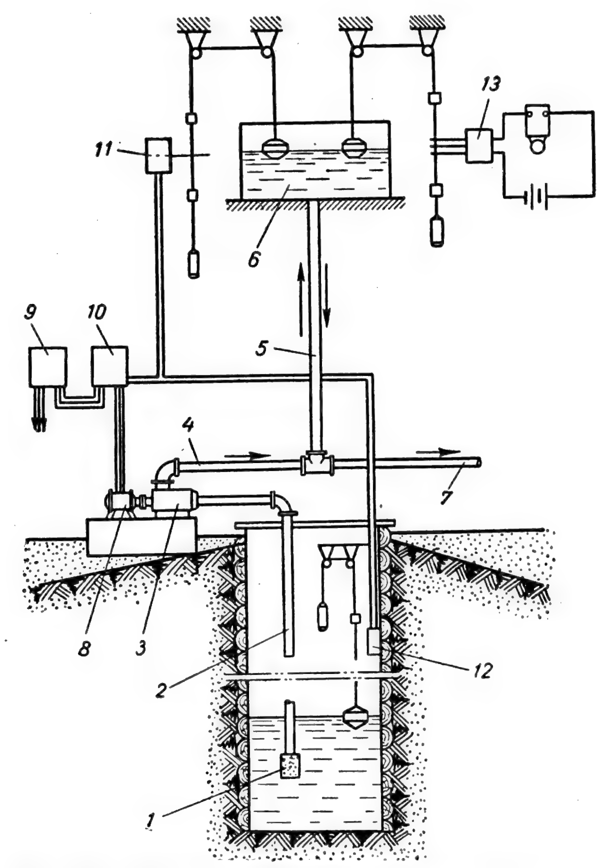


Рис. 45. Схема устройства автоматизированной водокачки:

1 — приемный клапан; *2, 4, 5, 7* — трубы; *3* — насос; *6* — напорный бак; *8* — двигатель; *9* — пульт управления; *10* — магнитный пускатель; *11* — поплавковое реле; *12* — реле уровня воды в источнике; *13* — аварийное реле.

Из источника вода через приемный клапан *1*, препятствующий стеканию воды из трубы и насоса обратно в колодец, всасывающую трубу *2*, нагнетательно-разводящую трубу *5* подается насосом *3* в напорный бак *6*, установленный или на крыше фермы, или на специальной башне. Из напорного бака вода расходится к потребителям. Насос и двигатель *8* смонтированы на одном фундаменте, образуя один агрегат. Электроэнергия к двигателю подается через пульт управления *9* и магнитный пус-

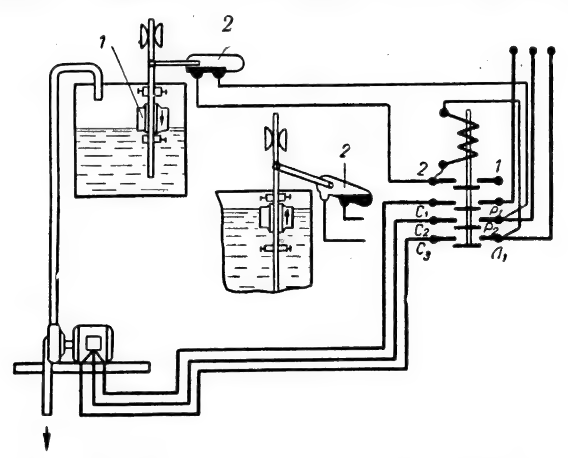


Рис. 46. Схема устройства реле водонапорного бака автоматической водокачки:

1 — поплавок; *2* — ртутный контактный прерыватель (меркоид).

катель *10*. Работой магнитного пускателя управляет поплавковое реле напорного бака *11*, которое в зависимости от уровня воды в баке включает или выключает двигатель. Реле состоит из поплавка *1* и исполнительного устройства *2* (рис. 46). В качестве исполнительного устройства взят ртутный контактный прерыватель (меркоид), который через систему рычагов соединяется с поплавком. Когда уровень воды в баке понижается, опускающийся поплавок повертывает колбу ртутного прерывателя и ртуть замкнет контакты. Срабатывает магнитный пускатель, и насос начинает подавать воду в напорный бак. Если уровень воды в баке повышается, поднимающийся поплавок повертывает колбу прерывателя так, что

ртуть переливается и разрывает контакт. Магнитный пускатель останавливает двигатель. Таким образом, в зависимости от уровня воды в баке производится автоматическое включение и выключение насоса. В тех случаях, когда запасы воды в источнике ограничены, ставят дополнительное реле уровня воды в источнике *12* (рис. 45). Оно прекращает работу водокачки, когда запасы воды в источнике становятся максимально допустимыми. О всякой неисправности в работе водокачки сигнализирует звуковыми или световыми сигналами аварийное реле *13*.

Приведенные примеры иллюстрируют некоторые случаи применения автоматического регулирования. В производственных условиях устройства автоматического регулирования выполняют несоизмеримо более сложную работу. В данных случаях значение регулируемой величины поддерживается неизменным. Но в ряде технологических процессов значение регулируемой величины должно изменяться по определенной программе. В этом случае применяется автоматическое программное регулирование. Системы автоматического программного регулирования обеспечивают изменение регулируемого параметра по заранее заданному закону в зависимости от времени или какой-либо другой величины. Для этого в устройство автоматического регулирования вводят специальный программный элемент, который автоматически изменяет настройку системы по желаемому закону.

Режим работы промышленных объектов зависит от состояния объекта, характера его работы в предшествующий промежуток времени, качества и состава сырья и т. д. Заранее трудно предугадать все эти условия, а значит, автоматические регуляторы, поддерживающие постоянные значения регулируемых величин по заранее составленной программе не позволят получить наивысшей экономичности, наивысшей производительности или режимов наименьшего износа деталей.

Для этих целей в устройства управления включаются экстремальные автоматические регуляторы, осуществляющие непрерывный поиск наилучших (оптимальных) соотношений регулируемых величин.

Например, расход горючего в двигателях самолета зависит от скорости и высоты полета, от температуры окружающего воздуха и его влажности, которые во время полета могут непрерывно изменяться.

Если состав горючей смеси будет с помощью автоматического регулятора оставаться неизменным, то это приведет к нерациональной трате топлива. Установка экстремального регулятора позволит изменять состав горючей

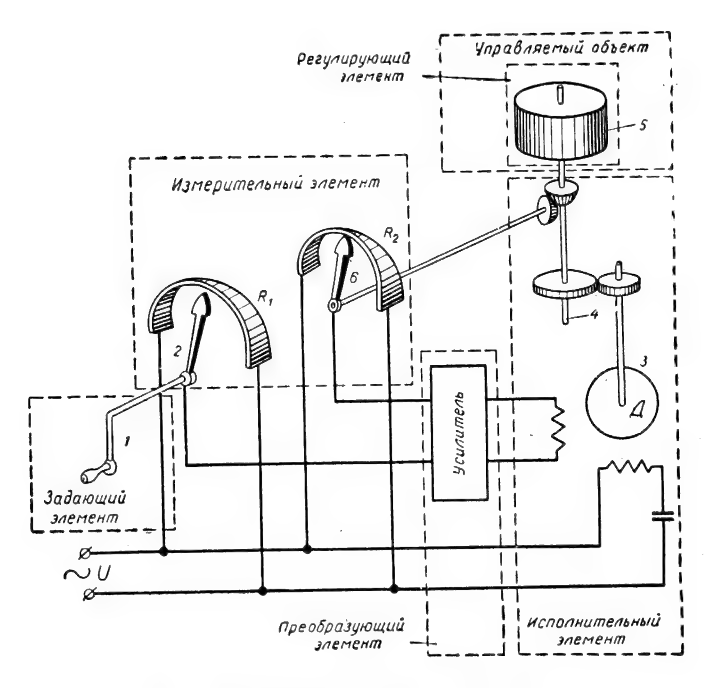


Рис. 47. Схема следящего устройства:

1 — рукоятка управления; *2* — ползунок реостата; *3* — электродвигатель; *4* — редуктор; *5* — регулирующий элемент объекта; *6* — ползунок реостата.

смеси в зависимости от условий полета. В каждый момент времени экономичность двигателя будет наивысшей.

Другой разновидностью устройств автоматического регулирования являются следящие устройства.

Следящими устройствами называются такие автоматические регуляторы, в которых заданная величина может изменяться в зависимости от какой-либо другой величины.

В качестве примера рассмотрим работу следящего устройства, изображенного на рисунке 47. При повороте

рукоятки управления *1* ползунок *2* реостата R_1 повернется на некоторый угол α и в диагонали электрического моста, собранного на реостатах R_1 и R_2, возникает напряжение, поступающее на усилитель. Усиленный сигнал поступает на электрический двигатель *3*. Электродвигатель через понижающий редуктор *4* поворачивает регулирующий элемент объекта *5* и ползунок *6* реостата R_2 на угол $\beta=\alpha$. При этом напряжение в диагонали моста становится равным нулю и двигатель *3* останавливается. При непрерывном вращении рукоятки управления регулирующий элемент *5* управляемого объекта будет воспроизводить все изменения ее углового положения. Таким образом, в данной следящей системе управляемый объект как бы следит за поворотом рукоятки управления.

Следящие системы нашли широкое применение в устройствах, именуемых следящим приводом. Например, для того чтобы повернуть руль большого корабля, необходимо приложить большое усилие. Рулевому такое усиление не создать. Но с помощью следящего привода он может управлять кораблем, поворачивая маленький штурвал, и многотонный руль корабля будет поворачиваться на требуемый угол.

Устройства телемеханики. Телемеханика — это отрасль техники, которая служит для контроля, управления и регулирования автоматизированных установок на большом расстоянии.

Информация передается по соединительной электрической линии. Но с ростом объема информации возникает трудность в сооружении таких соединительных линий, а также стоимость их может значительно превышать стоимость остальных частей устройств телеконтроля. Кроме того, в соединительной линии могут возникать помехи от разрядов атмосферного электричества и помехи от промышленных электрических установок. Эти помехи могут быть приняты приемниками как ложные сигналы устройств контроля, управления и регулирования.

Задачей телемеханики является преодоление затруднений, связанных с передачей сигналов на большие расстояния.

Конструкторы разработали различные способы передачи большого числа сигналов по малому числу проводов или с помощью радиоволн.

Рассмотрим систему телемеханики с так называемой распределительной селекцией.

На передающем пункте *П* и на приемном пункте *Пр* находятся распределители P_1 и P_2 (рис. 48). Они представляют собой контактные переключатели, состоящие из ламелей *1—8,* по которым движутся щетки *1,* приводимые во вращение двигателями. Щетки соединены

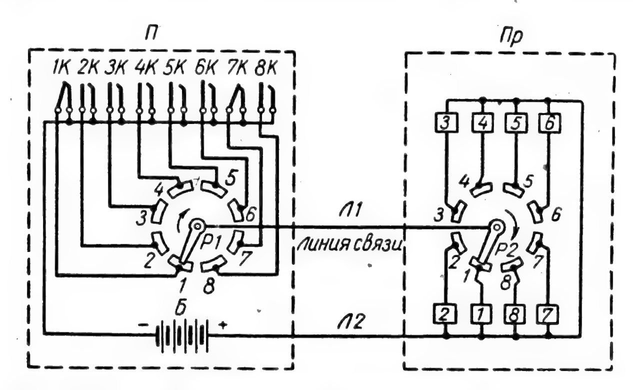


Рис. 48. Схема устройства телемеханики с распределительной селекцией.

между собой проводом $Л_1$. К ламелям распределителя P_1 на передающем пункте подключаются ключи управления или контакты датчиков *1К—8К.* Если какие-либо из этих ключей замкнуты (ключи *1К* и *7К*), то в момент прохождения щетки распределителя по соответствующей ламели к проводам $Л_1$ и $Л_2$ линии связи будет подключена батарея источника тока.

На приемном пункте к ламелям распределителя P_2 подключены исполнительные устройства объекта управления.

Для того чтобы сигналы, посылаемые командным ключом или датчиком, передавались на соответствующие исполнительные устройства, распределители приводят в синхронное и синфазное вращение.

В момент, когда щетки распределителя P_1 находятся на первой ламели, щетки распределителя P_2 также находятся на своей первой ламели. По схеме видно, что в момент времени через ключ *1К* и распределители P_1 и P_2 электрический сигнал с передающего пункта посту-

пает в первое исполнительное устройство, расположенное на приемном пункте.

Число передаваемых сигналов за один оборот распределителей зависит от числа ламелей и может быть как угодно большим.

В настоящее время применяются равномерно вращающиеся и шаговые распределители, в которых движение щеток происходит скачкообразно.

С устройствами распределительной селекции встречался каждый читатель. Вспомните телефон-автомат. При вращении диска номеронабирателя по двухпроводной линии связи посылаются сигналы, которые вызывают скачкообразные движения шаговых искателей на АТС.

Метод распределительной селекции не является единственным в телемеханике. Наряду с ним большое распространение получила качественная селекция, при которой каждому посланному по линии связи сигналу соответствует определенное качество тока: полярное (положительный или отрицательный импульс), амплитудное (величина импульса), частотное (частота переменного тока), фазовое (сдвиг во времени между началами периодов двух переменных токов одной частоты,) числовое (количество импульсов в токовой посылке) и т. д. На приемном пункте происходит рассортировка импульсов по их качествам.

В качестве линии связи могут быть использованы проводные линии, линии передач токов высокого напряжения, радиоволны (чаще всего коротковолнового и ультракоротковолнового диапазонов).

Применение радиосвязи в устройствах телемеханики в последнее время приобрело особое значение в связи с освоением космоса. Именно при помощи устройств телемеханики осуществляется запуск многоступенчатых ракет и передача научной информации с искусственных спутников Земли и межпланетных станций.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ В КУРСЕ ФИЗИКИ

Место элементов автоматики на уроках физики

В курс электротехники средней школы с производственным обучением включен раздел «Элементы автоматических устройств». Для того чтобы уметь на практике применять элементы автоматики, необходимо знать физические основы их устройств и действия.

На уроках физики нет возможности подробно рассматривать устройство и действие автоматических приборов, их конструкцию. В этом и нет необходимости, так как знания учащихся по автоматике будут обобщены в курсе электротехники и конкретизированы в ходе производственного обучения.

В курсе физики важно ознакомить учащихся с принципом действия элементов автоматической аппаратуры, отметив, что даже самое сложное устройство автоматики состоит из совокупности простых элементов.

Чтобы осуществить тесную связь политехнического материала со школьным курсом физики, изучение элементов автоматики целесообразнее всего вводить в школьный курс в виде иллюстраций применения законов физики в элементах автоматики и автоматических устройствах.

Несмотря на то что в курсе элетротехники сельской школы по сравнению с городской школой резко сокращен раздел, посвященный автоматике, тем не менее такое ознакомление на уроках физики должно проводиться так же, как и в городской школе. Вызвано это тем, что автоматика с каждым днем все глубже проникает в сельское хозяйство. Вспомните автоматическую вспашку, доильные автоматы и т. д.

Ниже дано описание ряда простых демонстраций, с помощью которых учитель может познакомить учащихся с использованием законов и явлений физики в устройстве элементов автоматики.

Из всех возможных демонстраций выбраны главным образом те, которые показывают преобразование неэлектрических величин в электрические, т. е. демонстрируют принцип построения электрических датчиков.

Ознакомление учащихся с элементами автоматики при изучении механики

Изучение свойства тел сохранять состояние движения можно завершить иллюстрацией использования инерции в устройстве взрывателя артиллерийского снаряда.

Инерционный взрыватель артиллерийского снаряда представляет собой массивный цилиндр с бойком, который при транспортировке удерживается внутри головки взрывателя пружинящими лапками. Взрыватель ввинчивается в головную часть снаряда. В момент выстрела лапки, удерживающие цилиндр, разгибаются. При ударе снаряда о препятствие (при попадании в цель) корпус снаряда прекращает свое движение, а массивный цилиндр по инерции продолжает двигаться вперед и бойком разбивает капсюль детонатора. Происходит взрыв.

Действие подобного взрывателя может быть продемонстрировано на модели.

Из толстой фанеры или доски выпиливают лобзиком фигуру, имитирующую разрез головки взрывателя артиллерийского снаряда.

В продолговатом окне подвешивают на пружине массивный цилиндр, отлитый из свинца. Для того чтобы цилиндр не перемещался в поперечном направлении, с тыловой части деревянного корпуса укрепляют полуцилиндр из жести, вдоль которого при растяжении пружины скользит массивный цилиндр (рис. 49). Для изготовления такого направляющего желоба используют корпус пробитого электролитического конденсатора.

В нижнем основании свинцового цилиндра укрепляют боек. В деревянном основании под бойком высверливают неглубокое отверстие диаметром 6,5 *мм,* в которое помещают охотничий капсюль открытым концом к бойку.

Когда модель наталкивается на твердый предмет, массивный цилиндр, стремясь сохранить состояние движения, начинает скользить по направляющему желобу, растягивает удерживающую пружину и, ударяясь бойком о капсюль, взрывается.

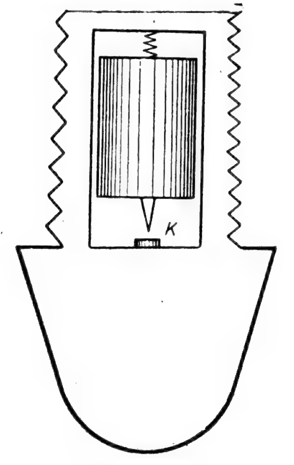


Рис. 49. Модель инерционного взрывателя: *К* — капсюль.

Демонстрация проходит более эффектно, если предварительно капсюль наполнить мятым хлебом. В этом случае звук взрыва капсюля получается более громким.

Элементы автоматики в курсе молекулярной физики и теплоты

Движение молекул. Диффузия газов через пористую перегородку предусмотрена в числе обязательных демонстраций. Сделав небольшое добавление к обычной установке, можно показать учащимся применение явления диффузии газов в устройстве автоматического газоанализатора (см.: Р. Гирке, Г. Шпрокхов, Эксперимент по курсу элементарной физики, ч. 2, Учпедгиз, 1959).

Пористый сосуд с отверстием укрепляют в штативе (рис. 50). Поверх сосуда надевают химический стакан. Трубка, вставленная в отверстие пористого сосуда, соединяется с U-образной трубкой манометра. U-образную трубку наполовину заполняют ртутью и закрывают резиновыми пробками, через которые вводят в каждое колено по кусочку медной проволоки, выполняющей роль контактов. Контактные проволочки опускают на такую глубину, чтобы в колене с присоединенной резиновой трубкой от пористого сосуда проволока входила в ртуть на глубину 10—20 *мм,* тогда как в другом колене на несколько миллиметров не доходила до поверхности ртути.

К контактным проволокам через соединительные клеммы подводят провода: к одной клемме — от электрического звонка, к другой — от источника электрического

тока в 4 *в*. Второй полюс источника тока соединяют с электрическим звонком, образуя замкнутую цепь. В пространство между химическим стаканом и пористым сосудом вводят наконечник шланга, присоединенного к аппарату Киппа для получения водорода.

Газ быстро диффундирует в пористый сосуд, и в нем возникает повышенное давление. Под действием этого

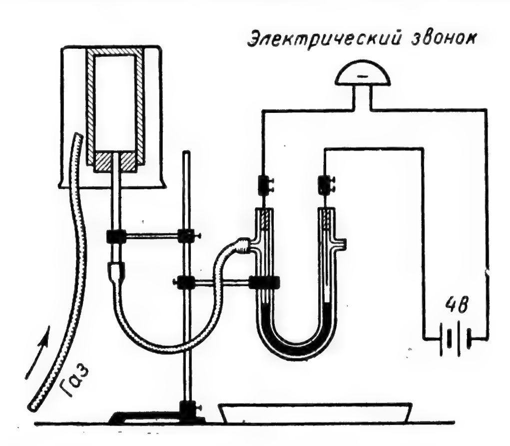


Рис. 50. Установка для демонстрации принципа действия газоанализатора.

давления уровень в одном из колен манометра понижается, в другом колене соответственно повышается, цепь электрического звонка замыкается через ртуть и звонок звонит.

Подобные газоанализаторы получили распространение в горном деле. Они предупреждают шахтеров о появлении в шахте взрывоопасных газов.

Зависимость давления газа от температуры. Во время изучения зависимости давления газа от температуры полезно познакомить учащихся с использованием этого явления в устройстве манометрического терморегулятора.

Стеклянный шар для взвешивания воздуха соединяют резиновым шлангом с U-образной трубкой демонстрационного жидкостного манометра, в который налита ртуть (рис. 51). В колено манометра, соединенного со стеклянным шаром, вставляют медную проволочку диаметром 0,3 *мм* так, что один конец ее оказывается до-

статочно глубоко погруженным в ртуть, а второй выводится наружу между трубочкой и надетым резиновым шлангом. В другое колено также погружают медную проволочку, но так, чтобы ее конец находился на некото-

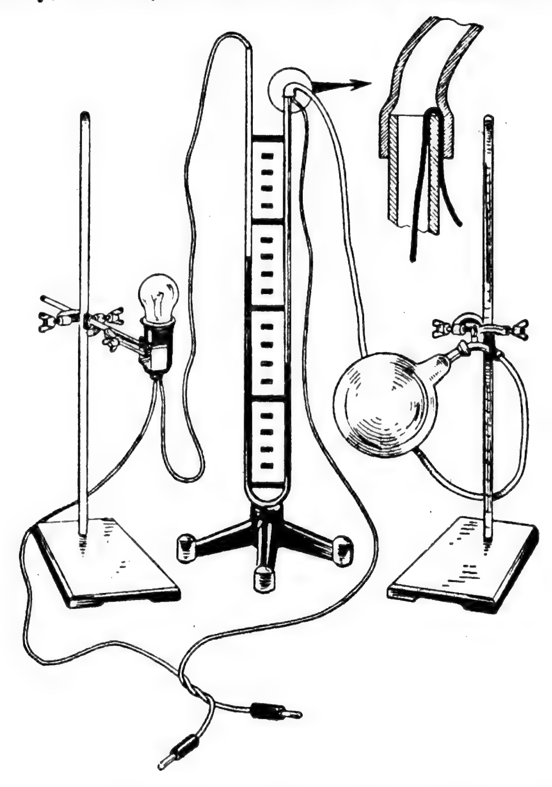


Рис. 51. Установка для демонстрации принципа действия манометрического терморегулятора.

ром расстоянии от поверхности ртути в открытом колене манометра.

При нагревании стеклянного шара давление находящегося в нем воздуха увеличится, что будет отмечено манометром. Ртуть, поднимающаяся в открытом колене манометра, коснется медной проволочки и тем самым замкнет электрическую цепь, состоящую из источника тока, электрической лампочки и двух проволочных кон-

тактов, опущенных в колена жидкостного манометра. Электрическая лампочка загорится.

Электрическую лампочку можно заменить промежуточным реле, включив в его рабочую часть электрическую плитку. Получится модель автоматического устройства для поддержания постоянной температуры. Шар помещают над электрической плиткой. При нагревании давление воздуха в шаре увеличивается. Манометрическое реле замыкает цепь промежуточного реле, которое разрывает цепь питания электроплитки. Воздух в шаре остывает, давление его уменьшается, уровень ртути в открытом колене манометра понижается, что вызывает разрыв управляющей цепи реле. Снова включается электроплитка. Изменяя положение проволочного контакта в открытом колене манометра и контролируя температуру воздуха вблизи шара при помощи ртутного термометра, можно показать учащимся автоматическое поддержание постоянной температуры.

Для увеличения чувствительности манометрического терморегулятора можно в манометре ртуть заменить менее плотной жидкостью, например раствором медного купороса. Надо только помнить, что величина тока, проходящего через манометр, в этом случае не должна быть большой.

Тепловое расширение жидкостей. Способность жидких тел при нагревании расширяться применяется в ртутных, спиртовых и других термометрах. Ртутные термометры могут быть использованы в качестве контактных в пределах малых температур и для замыкания небольших токов в системах автоматического регулирования.

Принцип действия контактного термометра можно показать на уроках физики на следующей простой установке (рис. 52).

Горлышко небольшой колбы закрывается резиновой пробкой, сквозь которую проходит тонкая стеклянная трубка. Между стенками горлышка и резиновой пробкой внутрь колбы пропускается медная проволока диаметром 0,3 *мм*. Пробку тщательно заливают менделеевской замазкой. Затем колбу наполняют раствором медного купороса так, чтобы жидкость занимала не только весь объем колбы, но и поднялась в трубочке примерно до середины. Через открытый конец трубки вводится второй проволочный контакт так, чтобы он не касался уровня

жидкости. При нагревании колбы жидкость в ней расширяется и уровень ее в трубке, повышаясь, соприкасается с проволочным контактом.

Цепь замыкается, и звенит звонок, или загорается лампочка.

Можно собрать схему, подобную описанной выше, заменив манометрический терморегулятор контактным

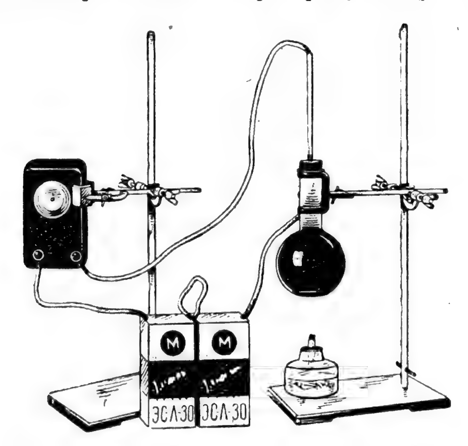


Рис. 52. Установка для демонстрации принципа действия контактного термометра.

термометром. Получится устройство автоматического регулирования температуры с контактным термометром.

Использование контактных термометров в автоматическом инкубаторе позволяет поддерживать температуру воздуха в инкубаторе с точностью 0,1°C.

Тепловое расширение твердых тел. При одинаковом изменении температуры различные вещества расширяются неодинаково. Это явление получило широкое использование в устройстве биметаллических пластинок, играющих важную роль в автоматике.

Для демонстрации биметаллического датчика можно воспользоваться школьной демонстрационной биметаллической пластинкой. Биметаллическую пластинку укрепляют на деревянной подставке. Сделать это легко, высверлив в доске отверстие по диаметру стержня, укрепленного на металлической скобе-основании, на кото-

рой крепится биметаллическая пластинка. Стержень вставляется в высверленное отверстие. Стрелка-указатель с ребра очищается от краски, а в деревянную подставку вбивается гвоздь с таким расчетом, чтобы при нагревании пластинки стрелка-указатель коснулась вбитого гвоздя. Прибор включается в цепь по схеме рисунка 53.

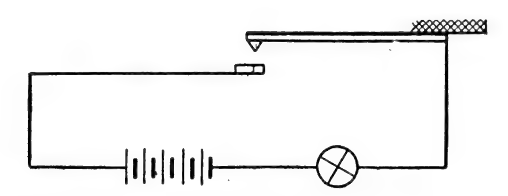


Рис. 53. Схема включения биметаллического реле прямого нагрева.

Наибольшее распространение получили реле с биметаллической пластинкой, подогреваемой электрическим током. Такие реле применяют с целью ограничения величины тока в магнитных пускателях, предохранителях, а также как датчики и измерители температуры масла и воды в автомашинах. Биметаллические пластинки с подогревом применяют в устройстве сигнализатора поворота в легковых автомашинах.

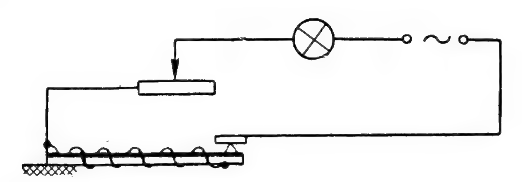


Рис. 54. Схема включения биметаллического реле с подогревом.

Для демонстрации биметаллического реле с подогревом можно воспользоваться предыдущей установкой. Изолировав биметаллическую пластинку полосками слюды, на нее наматывают тонкий нихромовый или константановый провод. В этом случае контактный гвоздь вбивают так, чтобы стрелка-указатель прикасалась к нему, но при нагревании биметаллической пластинки отходила от гвоздя. Собирается цепь по схеме рисунка 54. Если

величина тока станет больше допустимой, биметаллическая пластинка нагреется и, изгибаясь, разорвет контакты цепи нагревателя и ток в цепи прекратится.

Плавление, точка плавления. В автоматических приборах для тушения пожаров и защиты паровых котлов используются легкоплавкие сплавы. Рассказ о применении легкоплавких сплавов в спринклерных устройствах можно проиллюстрировать применением явления плавления в автоматике.

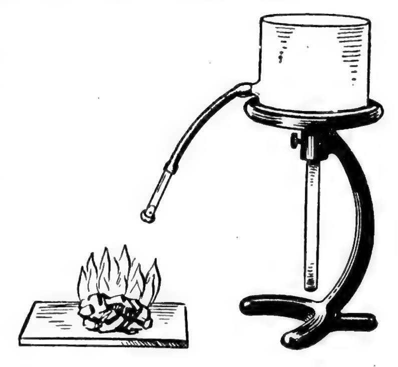


Рис. 55. Установка для демонстрации спринклерного устройства.

Для тушения пожаров применяют спринклерные клапаны или головки. Вода подводится по системе труб, расположенных под потолком и оканчивающихся этими клапанами.

В нормальном состоянии отверстия этих труб заперты особыми замками, которые удерживаются легкоплавким припоем, при таком состоянии вода вытекать не может. При начавшемся пожаре этот припой расплавляется, отпускает замок, отверстия труб отпираются и потоки воды льются на возникший огонь. Система начинает работать через 30—45 *сек* после повышения температуры, вызванного появлением огня. Температура плавления сплава зависит от его состава: изменение компонентов позволяет подобрать нужную температуру действия легкоплавкого устройства. Чтобы спринклерные клапаны не приводились в действие обычными повышениями температуры, точка плавления их подбирается на несколько десятков градусов выше средней температуры данного помещения.

В школьных условиях демонстрацию спринклерного устройства можно провести следующим образом.

Небольшой бачок с водой (в крайнем случае можно взять стеклянную воронку) соединяется резиновым шлангом со стеклянной трубкой. Противоположный конец трубки закрывается пробкой из пластилина (рис. 55). Если поместить над открытым пламенем трубку, то пла-

стилин размягчается, плавится и вода, вырвавшись из трубки, потушит пламя.

Конечно, в данном случае нельзя говорить о точке плавления, однако постановка демонстрации, ее образовательная ценность не пострадают, если мы легкоплавкий сплав заменим пластилином. Но допущенное упрощение должно быть объяснено учителем.

Элементы автоматики в курсе электричества

Плоский конденсатор. Рассказывая о свойствах плоского конденсатора и демонстрируя учащимся модель раздвижного конденсатора, преподаватель обращает внимание учащихся на то, что емкость конденсатора суще-

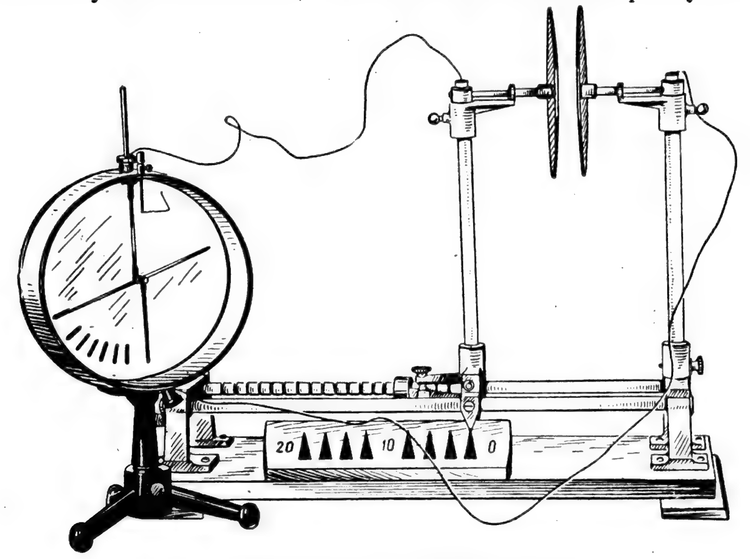


Рис. 56. Демонстрация емкостного датчика.

ственно зависит от расстояния между пластинами, от рода вещества, находящегося между ними.

Если перемещающаяся пластина будет скреплена с деталью какого-либо устройства, то о перемещении последнего можно судить по положению стрелки электрометра, соединенного с конденсатором (рис. 56).

В школьных условиях лишь значительные перемеще-

ния могут заметным образом изменить емкость конденсатора. В производственных условиях с применением чувствительных схем удается при помощи емкостного датчика определять весьма малые перемещения, порядка $1 \cdot 10^{-5}$ *см.* Такую большую чувствительность трудно получить при других методах измерения.

Если между пластинами демонстрационного конденсатора поместить пластину из материала, не проводящего ток, то емкость конденсатора (о которой мы судим опять-таки по отклонению стрелки электрометра) будет зависеть от ее толщины.

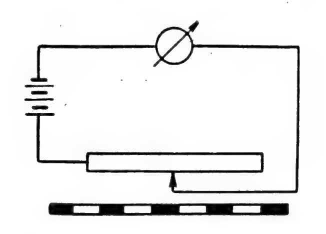


Рис. 57. Схема реостатного датчика.

В производственных условиях этот метод определения толщины применяется в конвейерных измерителях толщины ленты из непроводящего материала, например для непрерывного контроля толщины бумажной ленты, выходящей с большой скоростью из бумагоделательных машин.

Зависимость сопротивления проводника от его размеров и материала. Для контроля за перемещением поплавка в бензобаке автомобиля и самолета, для «преобразования перемещения мембраны манометра в изменение электрического тока» и во многих других случаях необходимо перемещение детали или узла механизма преобразовать в изменение электрического тока для целей автоматического управления и контроля.

Для демонстрации реостатного датчика составляют цепь (рис. 57). Рядом с реостатом помещают демонстрационную линейку. Перемещение ползунка реостата сопровождается отклонением стрелки гальванометра. Рекомендуется шкалу гальванометра закрыть листом бумаги, на котором наносятся деления, показывающие перемещения движка в сантиметрах. Демонстрация очень проста, но тем не менее дает ясное представление о принципе действия реостатного датчика.

В современной технике широко используют проволочные датчики, так называемые тензометры (см. гл. I).

Учительница школы № 310 г. Ленинграда И. Я. Ланина предлагает следующую простую демонстрацию

проволочного датчика (см. «Политехническое обучение», 1959, № 4).

Тонкая проволока (лучше всего взять провод от дополнительного сопротивления к вольтметрам) наклеивается клеем БФ-2 петлями вдоль длинной деревянной линейки. Изменение сопротивления r_2 такого датчика можно обнаружить лишь с помощью мостовой схемы. Поэтому, измерив сопротивление датчика, подбирают равное ему компенсирующее сопротивление r_1. Этот компенсатор исключает влияние температурных изменений на показания прибора, так как включается во второе плечо мостика Уитстона (рис. 58). Тщательно уравновесив мостик при помощи переменного сопротивления R, можно приступить к демонстрации. Сгибая и разгибая линейку, мы по отклонению стрелки демонстрационного гальванометра можем судить о возникающих деформациях.

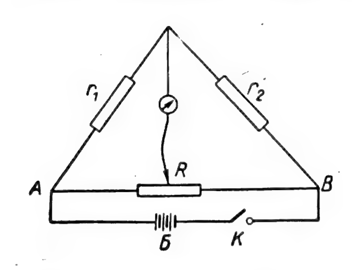


Рис. 58. Схема установки для демонстрации проволочного датчика.

Многие вещества изменяют свои электрические свойства при изменении состояния, в котором находится вещество. Так, уголь при сжатии значительно уменьшает свое электрическое сопротивление. Это свойство угля объясняется тем, что при сжатии уменьшается переходное контактное сопротивление отдельных частичек угля.

Для измерения больших сил и давлений в автоматизированных устройствах применяют угольные датчики (см. гл. I).

В стеклянный кристаллизатор на дно укладывают металлическую пластинку. Сверху насыпают древесный уголь, который прикрывают также металлической пластинкой. Пластинки включаются последовательно с гальванометром в цепь источника тока напряжением 1,6 *в*. Если теперь при помощи демонстрационного динамометра (для того чтобы учащиеся видели величину приложенного усилия) сжать уголь, то величина тока в цепи увеличится пропорционально приложенному усилию (рис. 59).

Обычно угольный датчик представляет собой столбик из угольных дисков.

Зависимость электрического сопротивления от температуры. Приборы, отличительной особенностью которых является значительное изменение сопротивления в зависимости от температуры, называют термосопротивлениями или термисторами (см. гл. I).

Любой полупроводниковый прибор (диод, триод) очень чувствителен к изменению температуры. Поэтому в качестве термосопротивления можно взять любой полупроводниковый диод или триод и включить его в цепь школьного демонстрационного гальванометра и источника тока (1,5 *в*) в направлении наибольшего сопротивления. При нагревании сопротивление полупроводникового прибора резко уменьшится, что вызовет увеличение тока в цепи. Полупроводниковый триод лучше всего включать в цепь выводами коллектор-эмиттер.

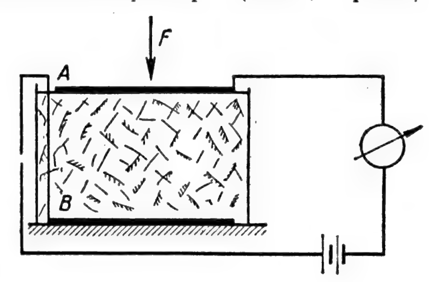


Рис. 59. Схема установки для демонстрации угольного датчика.

За неимением полупроводниковых приборов можно воспользоваться рекомендацией Жерехова (см.: Жерехов, Демонстрации принципов действия технических установок, Учпедгиз, 1954).

Для демонстрации берут ржавые железные пластинки *1* (рис. 60) и зажимают в лапку штатива *2*. На верхнюю пластинку для изоляции от штатива кладут кусочек слюды или асбеста. К пластинкам *1* присоединяют провода, включенные в цепь последовательно с демонстрационным гальванометром *3* и источником тока 10—12 *в*. При нагревании пластин на пламени спиртовки наблюдается отклонение стрелки гальванометра. Полупроводником в данном случае служит слой ржавчины.

Большое применение получили всевозможные термометры сопротивления.

Для демонстрации термометра сопротивления лучше всего взять нить лампы накаливания небольшой мощно-

сти. Для этого у лампы осторожно удаляют стеклянный баллон. Целесообразно взять новую лампу, так как у ламп, бывших в употреблении, нить очень хрупкая и сохранить ее в целости при удалении баллона очень трудно. Стеклянную ножку, на которой с помощью держателей укреплена нить, осторожно зажимают в лапке штатива горизонтально. Нить включают последовательно в цепь гальванометра и источника тока (1,5 *в*). Для предохране-

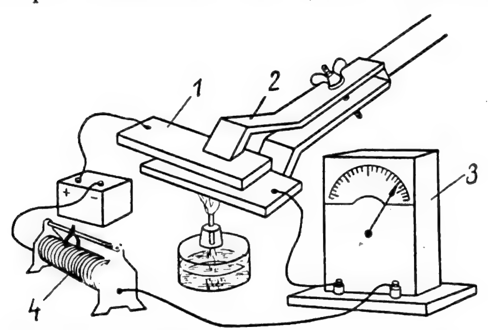


Рис. 60. Установка для демонстрации принципа действия термистора:

1 — пластины железные; *2* — лапка штатива; *3* — гальванометр; *4* — реостат.

ния гальванометра от чрезмерного тока в цепь включают реостат. С помощью реостата устанавливают в цепи ток, вызывающий максимальное отклонение стрелки. Если теперь нагреть нить, например, над пламенем спиртовки, то увеличение сопротивления, вызванное нагреванием, повлечет за собой уменьшение тока в цепи, что и будет отмечено гальванометром. Шкалу гальванометра желательно закрыть листом бумаги с нанесенными делениями без оцифровки. М. М. Рожков (см. «Физика в школе», 1955, № 6) предлагает в цепь нити включить электромагнитное реле и отрегулировать величину тока так, чтобы якорь притягивался к сердечнику. При этом контакты реле замыкают цепь, питающую электронагревательный прибор. Если нить лампочки поднести к нагревательному прибору, то ее сопротивление от нагревания возрастет, ток в цепи реле уменьшится, реле сработает и нагревательный прибор будет выключен. После охлаждения сопротивление нити снова уменьшится, ток возрастет и нагреватель снова окажется включенным.

Тепловое действие тока. Одним из простейших автоматических устройств, получивших большое распространение, является плавкий предохранитель.

Для того чтобы продемонстрировать работу плавкого предохранителя, на деревянной панели между клеммами натягивается тонкая (0,1 *мм*) проволочка. Проволочка включается последовательно с электрической лампочкой в сеть. Если теперь вывернуть электрическую лампочку и отверткой с изолированной ручкой замкнуть контакты в патроне, то при коротком замыкании тоненькая проволочка моментально сгорает, защищая линию от перегрузки.

Преподаватель объясняет, что именно таким образом технически неграмотные люди часто устраивают короткое замыкание.

Термоэлектричество. Для измерения и контроля температуры широко применяется термоэлемент (термопара), который позволяет отдалить место наблюдения от места измерения температуры на большое расстояние. При помощи термопары измеряют как очень высокие, так и очень низкие температуры. Термопара, изготовленная из очень тонких проволочек, обладает достаточно малой тепловой инерцией.

Для демонстрации принципа устройства и действия термоэлектрического термометра берут два провода, например медный и никелевый или хромелевый и копелевый. Одни концы проводов соединяют. Место соединения лучше всего сварить в пламени электрической дуги. Для этой цели можно использовать лабораторный осветитель. Свободные концы присоединяют к демонстрационному гальванометру. Нагревание спая, проводимое на одном конце стола, можно обнаружить на другом конце стола.

Электрический ток в электролитах. В то время, когда учащиеся изучают прохождение электрического тока через электролиты, полезно их познакомить с некоторыми практическими применениями этого явления в автоматике.

Известно, что величина электрического тока, проходящего через электролит, зависит от концентрации в нем солей или кислот. Изменение концентрации может быть обнаружено по изменению величины тока, проходящего между двумя пластинками, опущенными в раствор. Для

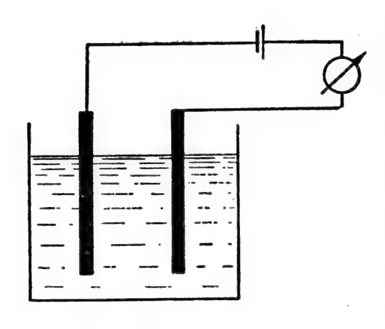


Рис. 61. Схема установки для демонстрации автоматического контроля концентрации растворов.

демонстрации этого явления собирается установка по схеме рисунка 61. Два угольных стержня опускают в химический стакан, наполненный дистиллированной водой. В качестве источника тока берется батарейка карманного фонаря. Стрелка гальванометра стоит на нуле. Но стоит добавить в стакан незначительное количество кислоты или соли, как через раствор начинает проходить электрический ток. По отклонению стрелки прибора можно судить о концентрации кислоты. Подобные устройства применяются на химических заводах для автоматического контроля концентрации растворов. Если вместо прибора включить реле, контакты которого

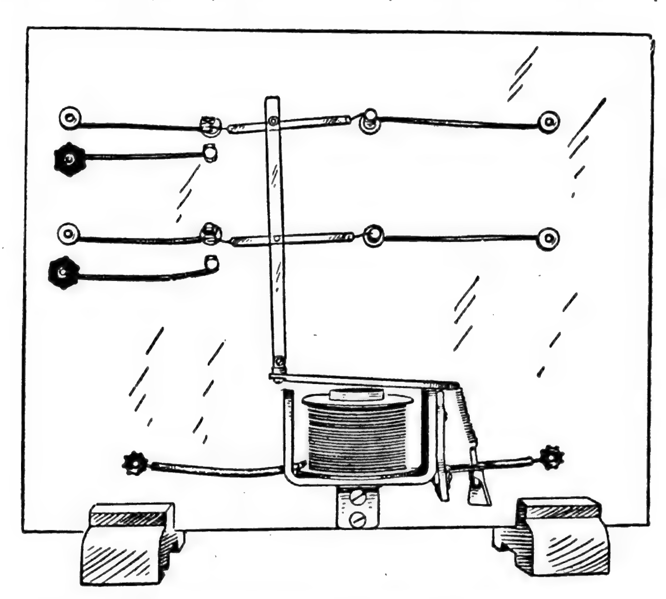


Рис. 62. Демонстрационная модель электромагнитного реле.

управляют работой звонка или лампочки, то устройство будет сигнализировать о достижении определенной концентрации раствора.

Электромагнитные явления. При изучении электромагнитных явлений необходимо познакомить учащихся с электромагнитным реле — одним из основных элементов многих автоматических устройств.

Электромагнитное реле позволяет замыкать и размыкать управляемую цепь, производить переключения и разветвления цепей. Эти свойства необходимо отобразить при демонстрации реле. Для этого изготовляют демонстрационную модель электромагнитного реле с двумя парами контактов на переключение (рис. 62).

Рис. 63. Схема включения электромагнитного реле в качестве ключа.

Наибольшее затруднение для учащихся представляет понимание работы переключающихся контактов. Поэтому при изготовлении модели надо особое внимание обратить на конструкцию именно этих деталей.

Для демонстрации возможных применений электромагнитного реле собирается цепь по схеме рисунка 63. Замыкание управляющего тока позволяет включить рабочую цепь с мощным потребителем энергии. Включив в цепь обмотки реле амперметр и вольтметр, можно определить потребляемую им мощность. Мощность лампочки определяют по паспорту. Отношение мощности рабочей цепи к мощности цепи управления называется коэффициентом управления. Легко убедиться, что этот коэффициент больше единицы. У электромагнитных реле, применяемых в автоматических устройствах, коэффициент управления достигает 5000. Реле с большим коэффициентом управления получили название контакторов. Контакторы применяются там, где неудобно, а зачастую и опасно управлять цепями высокого напряжения (до 500 *в*, а при постоянном токе — до 3000 *в*).

Современные контакторы выдерживают до 20—50 млн. включений, разрывая токи 100—600 *а.* Контакторы работают очень быстро, производя переключения за время 0,04 — 0,1 *сек.*

Достоинство электромагнитного реле состоит не только в том, что маленькой мощностью можно управлять большими мощностями. Усложним схему (рис. 64). Вме-

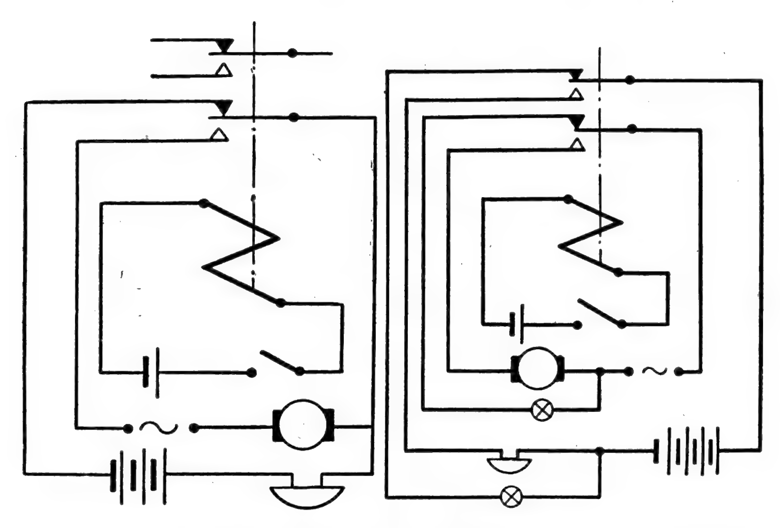


Рис. 64. Схема включения электромагнитного реле в качестве переключателя.

Рис. 65. Схема включения электромагнитного реле для целей разветвления электрических цепей.

сто лампочки включим электродвигатель, а в цепь нормально замкнутого контакта — батарею аккумуляторов и электрический звонок. Когда при помощи электромагнитного реле двигатель включен, звонок не работает. Но если управляющая цепь будет разорвана, двигатель остановится и электрический звонок подаст сигнал о неисправности цепи управления. В данном случае реле играет роль автоматического переключателя.

При помощи электромагнитного реле, подачей одного сигнала, можно управлять работой нескольких цепей (рис. 65). Нажав на кнопку, мы включаем мотор переменного тока, одновременно гасим лампочку, сигнализирующую об остановке двигателя, выключаем лампочку

в цепи постоянного тока и заставляем звонить звонок в цепи постоянного тока.

Увеличив число контактов, можно соответствующим образом увеличить количество управляемых цепей.

Таковы основные возможности электромагнитного реле, которые позволили ему занять одно из важнейших мест в системах автоматических устройств.

Электромагнитная индукция. При изучении закона Ленца можно рассказать учащимся о применении его в устройстве электрического спидометра.

Спидометр имеет широкое применение в автомобильном транспорте как указатель скорости.

Устройство прибора основано на явлении взаимодействия вращающегося магнитного поля и индукционных токов, возникающих в алюминиевом или медном диске. Для демонстрации принципа действия спидометра необходимо иметь подковообразный магнит, укрепленный на оси. Так как такой магнит с отверстием для крепления оси встречается редко, его придется изготовить. Для этого магнит нагревают до красного каления и затем медленно охлаждают. Отпущенная сталь легко сверлится. После последующей закалки производят намагничивание любым известным способом. (Лучше всего взять катушку от разборного трансформатора и, надев ее на один из полюсов будущего магнита, пропустить ток от школьного щита.) Ось магнита укрепляют на центробежной машине. Над полюсами подвешивается алюминиевый или медный диск на тонкой спиральной пружине. Это делают для того, чтобы пружина сообщала диску некоторый противодействующий момент, стремящийся возвратить его в положение равновесия. В противном случае под действием вращающегося магнитного поля диск тоже начнет вращаться.

Вращение магнита вызовет некоторый поворот диска вокруг оси. Угол поворота будет зависеть от скорости вращения постоянного магнита. Для того чтобы лучше наблюдать опыт, на диске укрепляют бумажную стрелку, а над диском — шкалу (рис. 66).

Индуктивность. Одно из применений явления индуктивности в автоматике заключается в преобразовании механического перемещения или ускорения в изменение электрического тока.

4[2] Заказ 221

Как известно, индуктивность катушки зависит от положения стального сердечника. Введение стального сердечника в катушку вызывает увеличение ее индуктивности.

Собирают установку, изображенную на рисунке 67. От школьного разборного трансформатора берут катушку на 220 *в*. Амперметр необходим на величину тока до

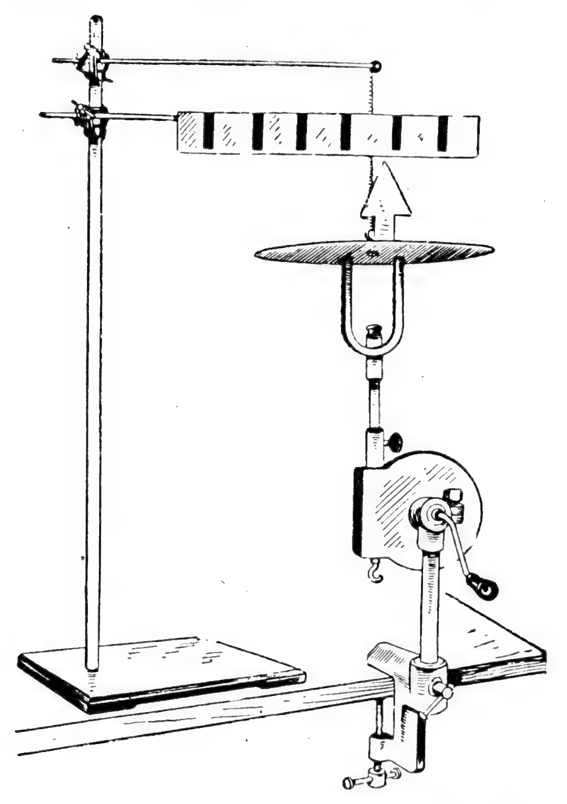


Рис. 66. Демонстрационная модель спидометра.

5 *а*. Над катушкой против отверстия в ее сердечнике подвешивают стальной стержень, уравновешенный через систему блоков поплавком, плавающим в сосуде с водой. Установка должна быть отрегулирована так, чтобы при повышении уровня воды в сосуде стальной стержень

опускался внутрь катушки. Если теперь через катушку пропустить переменный ток напряжением (120—200 *в*) и контролировать величину тока при помощи амперметра, включенного в цепь катушки, то можно показать, как поднимающийся уровень воды в сосуде вызывает опу-

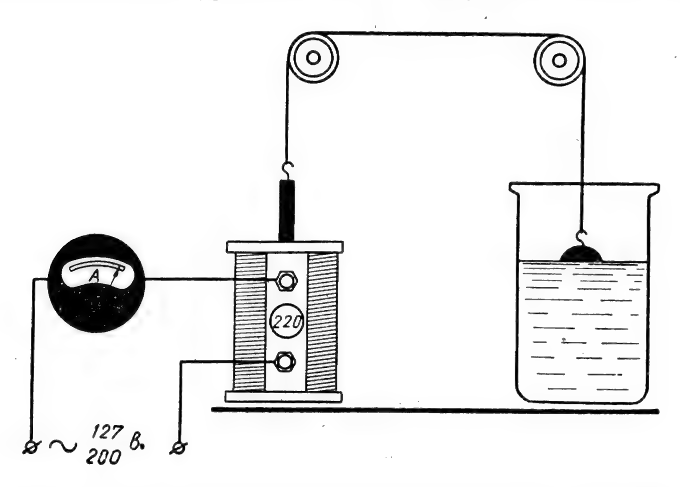


Рис. 67. Установка для демонстрации индуктивного датчика.

скание стального сердечника, который, входя в катушку, увеличивает ее индуктивность, ток в цепи катушки уменьшается. (Подключать катушку к напряжению 220 *в* не рекомендуется, так как без стального сердечника ее индуктивное сопротивление мало.) Шкалу амперметра можно закрыть чистым листом бумаги, нанеся на ней деления, соответствующие положению уровня воды в сосуде.

Таким образом, наполнение сосуда водой будет контролироваться при помощи электроизмерительного прибора на большом расстоянии от него.

В современной реактивной авиации для измерения перегрузок, возникающих при фигурных полетах, применяют подобное устройство, но только стальной сердечник укрепляется на спиральных пружинах так, что при возникающих перегрузках (т. е. ускорениях) сердечник, деформируя пружину, перемещается в катушке, изменяя ее индуктивность.

Понятия магнитного потока, магнитной проницаемости, магнитной индукции, сравнительно сложные для понимания учащихся, могут стать более доступными, если показать их практическое применение в магнитном усилителе.

Выше мы говорили о физических явлениях, происходящих в этом приборе, и о его конструктивном выполнении (см. стр. 35, гл. I). На уроке физики важно обратить внимание учащихся на тот факт, что величина индуктивного сопротивления для данной катушки не является постоянной. Она существенно зависит от степени намагничивания сердечника.

Для демонстрации магнитного усилителя потребуются школьный универсальный трансформатор, реостат, батарейка для карманного фонаря и электрическая лампочка на напряжение 220 *в*, желательно большой мощности (150—200 *вт*).

Собирается схема по рисунку 68. В начале демонстрации реостат вводится полностью. Лампочка не горит. Индуктивное сопротивление велико. Когда начинаем выводить реостат и тем самым увеличивать ток в катушке

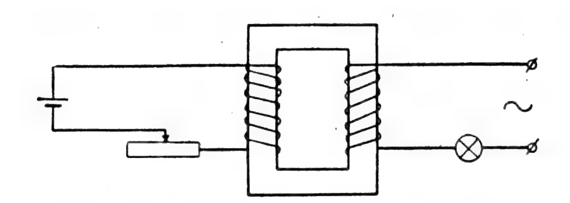


Рис. 68. Схема включения приборов для демонстрации магнитного усилителя.

подмагничивания, нить лампы начинает светиться все ярче и ярче. Изменяя с помощью реостата ток подмагничивания, можно в широких пределах изменять величину тока в цепи лампы.

Катушку, рассчитанную на напряжение 120 *в*, рекомендуется включать в цепь постоянного тока, а катушку, рассчитанную на 220 *в*, — в цепь переменного тока.

Излучение и прием электромагнитных волн. При изучении этой темы большой интерес у учащихся вызывает демонстрация принципов телеуправления с помощью ра-

диоволн. В качестве передатчика используют школьную УКВ радиостанцию. За неимением радиостанции можно применить демонстрационный УВЧ генератор, выпускаемый нашей промышленностью, или, наконец, изготовить простой генератор ультракоротких волн (рис. 69). Катушки L_1 и L_2 бескаркасные с внутренним диаметром 40 *мм* наматывают проводом 3 *мм*. Число витков катушек L_1 и L_2 рассчитывают исходя из необходимой частоты. Конденсатор С — переменной емкости, воздушный, с максимальной емкостью 40 *пф*. Дроссели *Др*. наматывают на очищенные от проводящего слоя одноваттные сопротивления ВС проводом 0,12 ПЭЛ в один слой виток к витку до заполнения. В качестве источника тока используют любой выпрямитель, дающий напряжение не ниже 300 *в*. Концы антенной катушки L_2 соединяют с полуволновым диполем. Если генератор будет генерировать электромагнитные колебания с частотой 144—146 *мгц*, то в этом случае полуволновой диполь будет представлять собой два куска голого медного провода длиной 0,5 *м* каждый, расположенных горизонтально. Второй такой же диполь располагают на расстоянии 6—7 *м* от передатчика. В середину приемного диполя включают детектор, а параллельно ему — чувствительное реле. В качестве такого реле может быть использован школьный демонстрационный гальванометр. Верхнюю крышку его следует снять, и на шкале укрепить контакты, изготовленные из металлической полоски или проволоки. При включении передатчика стрелка, отклоняясь, должна касаться контакта. Место соприкосновения следует хорошо и аккуратно зачистить острым ножом. Исполнительную цепь одним концом подключают к контакту на шкале, а другим — к клемме прибора, соединенной со стрелкой. Объектом управления может быть лампочка на 3,5 *в*. В момент включения передатчика электромагнитные колеба-

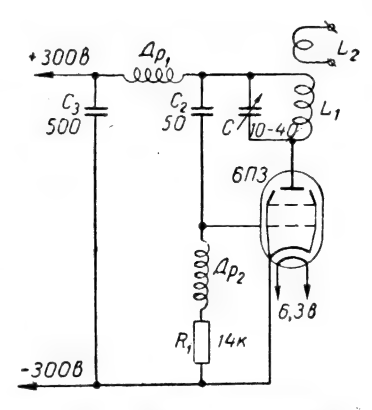


Рис. 69. Схема самодельного УКВ генератора.

ния вызывают в приемном диполе электрический ток, который выпрямляется детектором и, попадая в гальванометр, вызывает отклонение стрелки. Стрелка замыкает контакт исполнительной цепи. Включать в исполнительную цепь звонок или электродвигатель без промежуточного реле нельзя, так как они потребляют большой ток, который может вывести из строя гальванометр.

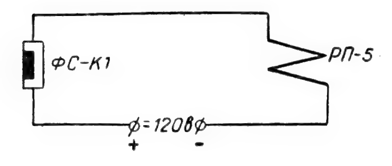


Рис. 70. Схема фотореле на фотосопротивлении.

Фотореле. Необозримы все возможные применения фотореле в современной промышленности и науке. Фотоэлементы прочно вошли в автоматику. Они бдительно оберегают человека от несчастных случаев на производстве, помогают прокатывать металл, следят за уровнем жидкости в резервуарах, контролируют качество изделий, учитывают выпускаемую продукцию и т. д.

В настоящее время наряду с фотоэлементами, основанными на явлении внешнего фотоэффекта, все большее применение получают так называемые фотосопротивления. Применение фотосопротивлений позволяет значительно упростить конструкцию фотореле.

Для демонстрации фотореле на фотосопротивлении собирают цепь по схеме рисунка 70. Фотосопротивление берется типа ФС-К1, электромагнитное реле — типа РП-5. При освещении фотосопротивления сопротивление его уменьшается, ток в обмотке реле возрастает, вызывая его срабатывание. В исполнительную цепь можно включить лампочку, звонок или электродвигатель.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В КУРСЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Общие замечания к методике преподавания теоретической части раздела «Элементы автоматики и автоматические устройства»

Ознакомление учащихся с элементами автоматики в курсе физики является необходимым, но далеко не достаточным этапом.

После того как учащиеся уяснят физические основы построения элементов автоматики, они должны ознакомиться с конструктивным выполнением датчиков, реле, преобразователей, исполнительных устройств. Таким образом будет установлена тесная связь между теорией и ее практическим применением. В противном случае выпускник школы будет хорошо знаком с принципом действия, допустим, магнитного пускателя, но, придя на производство, он не узнает магнитного пускателя в его рабочем оформлении, а значит, не сумеет им пользоваться.

Кроме того, сведения о физических принципах построения элементов автоматики сообщаются учащимся лишь постольку, поскольку та или иная тема проходится в курсе физики. И наконец, знания могут быть прочными и осознанными, если они закреплены практической работой с изучаемыми приборами.

Не случайно в курс электротехники средней школы с производственным обучением введен раздел «Элементы автоматических устройств».

Надо сказать, что название раздела не соответствует его содержанию. Фактически программа предусматривает ознакомление учащихся не только с элементами автоматики (датчиками, реле, преобразователями), но и с автоматическими устройствами (устройствами автоматического контроля, управления, защиты и т. д.).

Поэтому будет правильным изменить название раздела, озаглавив его «Элементы автоматики и автоматические устройства».

Раздел состоит из двух основных частей: теоретической и практической.

В процессе изучения первой части учащиеся должны приобрести систему знаний об элементах автоматики, автоматических устройствах и их применении в промышленном и сельскохозяйственном производстве.

Наиболее целесообразно при изучении каждого элемента или устройства автоматики показать принципиальную схему или модель, а затем продемонстрировать его в конструктивном оформлении промышленного образца.

Например, после рассказа о роли электромагнитного реле преподаватель демонстрирует его действующую модель, собирает схемы, иллюстрирующие применение электромагнитного реле, и лишь после этого показывает электромагнитное реле промышленного образца, сравнивая его с моделью. Преподаватель подчеркивает общность основных деталей и объясняет различие в конструктивном оформлении разницей в задачах, которые выполняют модель и промышленный образец. Желательно показать несколько образцов промышленного реле. Тогда сходство функций основных деталей будет более убедительным, а различие в конструкции менее существенным.

Такой порядок демонстрации прежде всего позволяет еще раз показать физическую основу элемента автоматики, что будет способствовать глубокому, осознанному пониманию принципа действия, и, кроме того, учащиеся увидят, как этот физический принцип воплощается на практике в конструкцию прибора, а это поможет им узнавать прибор в производственных условиях.

Возникает вопрос: где приобрести необходимое оборудование для показа его в ходе изучения теоретической части раздела? На первый взгляд это кажется очень

трудной задачей. Но внимательно ознакомившись с содержанием первой главы, учитель может заметить, что автоматика все глубже и глубже проникает в производство, все в большей степени находит применение в частичной автоматизации всевозможных установок. Преподаватель, хорошо знающий, что ему нужно, найдет большинство необходимых деталей и приборов почти в любом населенном пункте, где есть ремонтные мастерские, гараж, электростанция, инкубатор, контора связи. Значительную помощь ему может оказать посещение аэропорта.

Приобретаемые приборы по своим техническим параметрам могут оказаться непригодными для работы по своему прямому назначению, но вполне удовлетворительными для учебных целей. Поэтому приобретение такого списанного оборудования не будет зависеть от бюджета школы.

Приобретая оборудование для курса электротехники, преподаватель должен помнить, что изучение элементов автоматических устройств в курсе электротехники — второй, но не последний этап ознакомления учащихся с автоматикой. Так же как курс физики готовит учащихся к усвоению курса электротехники, курс электротехники в свою очередь является подготовительным к прохождению учащимися теоретического и практического курсов производственного обучения. Учитывая это, надо стремиться приобретать такие приборы, которые используются в том производстве, в котором учащиеся проходят профессиональную подготовку. Тем самым учитель в значительной степени установит тесную связь общего, политехнического и производственного обучения.

При изучении теоретического курса учащиеся должны знакомиться с условными графическими изображениями элементов автоматики, учиться вычерчивать и читать схемы автоматики. Здесь преподавателю придется столкнуться с тем обстоятельством, что существует целый ряд систем графических обозначений, принятых в разных областях электротехники, например в телефонии, железнодорожной СЦБ, энергетических релейных схемах защиты, в схемах автоматизированного электропривода и др. С этим придется считаться, учитывая производственное обучение учащихся. Но в основном следует придержи-

ваться условных графических обозначений, определенных ГОСТом 7624—55 (см. приложение).

Ввиду отсутствия учебных пособий по автоматике для средней школы следует настоятельно рекомендовать учащимся вести подробные записи.

Методика проведения занятий

В этом разделе даны методические указания к проведению некоторых занятий по автоматике.

Тема: **Значение автоматики в современном производстве**

Приступая к изучению вопросов автоматизации производственных процессов, преподаватель должен в ярком образном рассказе показать учащимся то значение, которое имеет автоматика для развития современного производства.

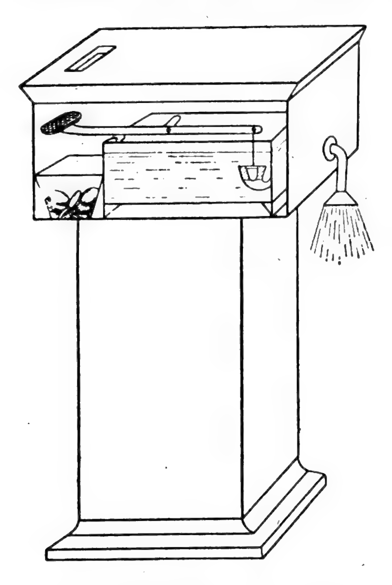


Рис. 71. Автомат для продажи «святой» воды.

Несомненно, учащимся будет интересно узнать историю развития автоматики. Проследив вместе с учителем пути развития автоматики с древних времен до наших дней, учащиеся правильнее оценят достижения современной техники в области автоматизации производственных процессов.

В первой главе уже говорилось о книге Герона Александрийского «Театр автоматов». На первом уроке можно привести один из примеров из этой книги.

Например, рассказать об устройстве автомата для продажи «святой воды» (рис. 71).

Автомат работал следующим образом. В щель, проделанную в верхней стенке ящика для сбора пожертво-

ваний, опускается монета, которая, попадая на площадку коромысла, наклоняет его и затем соскальзывает на дно ящика. Когда коромысло опускается, то связанный с ним стержень поднимается и открывает затвор во втулке. Вода из сосуда по трубке вытекает наружу. После того как монета соскользнула, стержень, увлекаемый вытекающей водой и подталкиваемый плечом коромысла, стремится занять свое первоначальное положение и запирает выход. Автомат снова готов к работе. Он рассчитан на пятидрахмовую монету, которая имела вес около 17,8 *Г*.

В 1770 г. швейцарский часовщик Пьер Жак Дро и его сын Анри Дро построили «писца», который представлял собой большую куклу. Кукла держала в правой руке гусиное перо, макала его в чернильницу и писала на лежащем на столе листе бумаги различные слова и фразы без участия человека.

Позже отец и сын Дро построили «рисовальщика» и «музыкантшу». По имени их изобретателей эти куклы получили общее название андроидов. Это название позже стало собирательным для всех подобных игрушек.

Необходимо подчеркнуть религиозный или развлекательный характер подобных автоматов, не имевших никакой практической ценности для целей производства.

Преподаватель должен затем рассказать о часах — первом автомате, поставленном на службу человеку.

Интересен такой факт, что в первых часах вместо стальной пружины применялась свиная щетина. Понятно, что такие часы еще не отличались точностью хода, и только после изобретения Христианом Гюйгенсом в 1656 г. стальной пружины часы стали надежным счетчиком времени.

Здесь важно подчеркнуть роль отечественных мастеров И. П. Кулибина и Т. И. Волоскова, которые много сделали для совершенствования механизма часов и других автоматов, вложив в свой труд много изобретательности.

Но, конечно, основное внимание преподаватель должен обратить на развитие промышленной автоматики, которая начиная с XIX века получила широкое распространение. Некоторые материалы учитель найдет в первой главе.

Ознакомление учащихся с современной автоматикой может вызвать неправильное представление о роли человека в производстве материальных ценностей. Учитель должен подчеркнуть, что появление самоуправляющихся и самонастраивающихся станков не умаляет, а, наоборот, повышает роль рабочего. Достижения автоматики освобождают человека от тяжелой физической и черновой умственной работы. Любая, самая совершенная, машина работает по программе, составленной человеком. Но для того чтобы машина работала хорошо, программа должна быть составлена высокообразованным человеком, который сам в совершенстве знает технологические процессы.

В то же время преподаватель должен разъяснить суть и другого неверного представления, бытующего среди учащихся, об особой группе высокоодаренных людей, которой доступна работа в области автоматизации производственных процессов. Убедительней всего опровергает это мнение тот факт, что идея создания первой в мире автоматической линии из агрегатных станков и полуавтоматов принадлежит простому советскому рабочему Волгоградского тракторного завода Ивану Петровичу Иночкину. Построенная им в 1939 году автоматическая линия послужила толчком для развития автоматических линий в СССР и за границей.

Или, например, тракторист Иван Григорьевич Логинов изобрел прибор для автоматического управления трактором С-80. Трактор управляется с помощью копирующего устройства и работает без тракториста. Таких примеров можно привести много. Они говорят о том, что каждый выпускник средней школы может принять посильное участие в большом и необходимом деле автоматизации производственных процессов. Нужно только иметь прочные знания, умелые руки и большое желание помочь народу в решении задач, стоящих перед современным производством.

Учитель объясняет те причины, которые определяют необходимость автоматизации производственных процессов в современных условиях. Это прежде всего высокая эффективность автоматизированных предприятий, применение высоких параметров в технологических процессах и большое социальное значение автоматики в условиях социалистического производства.

Особое внимание учащихся надо обратить на роль человека в автоматизированном производстве. Например, в представлении многих учащихся слово «кочегар» вызывает образ усталого, потного, вымазанного в саже и угольной пыли полуголого человека с лопатой в руках у дышащей жаром топки парового котла.

На автоматизированных котельных установках не встретишь такого героя старых песен. Открыв дверь с табличкой «кочегар», вы увидите просторную светлую комнату, на стенах которой помещается множество разнообразных приборов. В удобном кресле сидит человек, являющийся кочегаром одновременно нескольких паровых котлов. Если в одном из котлов по какой-либо причине давление пара стало уменьшаться (об этом кочегару доложат стрелки приборов, звуковая и световая сигнализации), кочегар принимает решение или увеличить подачу воздуха в топку, если топливо сгорает не полностью (об этом тоже скажут приборы), или увеличить подачу топлива. Для этого ему достаточно передвинуть рычаг, и тотчас же с ленточного транспортера, проходящего над котлами, наклонный нож начнет сгребать в бункер топки больше торфа или угля. Для того чтобы уметь быстро ориентироваться в показаниях многочисленных приборов и принимать правильное решение, кочегар должен быть образованным человеком. Таким образом, автоматика освобождает человека от тяжелого труда, одновременно предъявляет требования к повышению качества подготовки специалистов.

Теперь, когда учащиеся познакомились со значением автоматики для современного производства, получили первое представление об автоматике вообще, можно дать определение автоматики.

В заключение можно продемонстрировать вторую часть кинофильма «Автоматика в промышленности» производства Московской студии научно-популярных фильмов.

Учащиеся увидят копировально-фрезерный станок, резание металла газовой горелкой по заданному чертежу, автоматический пресс, станок-автомат для сверления, расточки и фрезерования отверстий в крышках подшипника коленчатого вала.

В приведенных выше примерах, характеризующих значение автоматики, речь шла об автоматизации про-

изводственных процессов в основных отраслях народного хозяйства (металлургии, машиностроении, энергетике). В фильме учащиеся увидят применение автоматики в легкой промышленности: автомат по производству колб для осветительных ламп, автоматический разлив молока, упаковку бутылок, автомат по завертке карамели. Упоминание преподавателем об автоматических линиях и цехах будет проиллюстрировано показом автоматической линии по обработке валов электродвигателей и автоматического цеха по изготовлению шарикоподшипников.

Роль человека на автоматизированном предприятии показана в работе наладчика и диспетчера.

В заключительных кадрах фильма показана электронно-счетная машина.

Тема: **Основные элементы автоматических устройств**

Цель изучения этой темы — систематизация и углубление знаний, полученных учащимися на уроках физики, о принципах, положенных в основу построения отдельных элементов автоматики, и ознакомление с конструктивным выполнением наиболее распространенных приборов.

Прежде всего необходимо познакомить учащихся со структурой автоматики. При этом не следует вдаваться в объяснение понятия автоматического устройства, так как это будет сделано позже. Главное — добиться понимания учащимися того факта, что любое автоматическое устройство, как бы оно сложно ни было, состоит из отдельных элементов.

Изучение элементов автоматики начинается с датчиков. Нет необходимости рассматривать все возможные способы преобразования неэлектрической величины в электрическую. Достаточно ограничиться основными случаями преобразования механической, тепловой и световой энергии в электрическую.

Необходимый фактический материал учитель найдет в первой главе. Здесь же мы остановимся на некоторых демонстрациях, которые могут быть поставлены при изучении этой темы.

Реостатный датчик перемещения. Для преобразования механической энергии в электрический сигнал боль-

шое распространение получил реостатный датчик. Учитель показывает принцип действия реостатного датчика (см. стр. 29). Затем демонстрирует реостатный датчик уровня бензина. Для этой цели удобно взять датчик уровня бензина авиационного типа (рис. 72). Он удобен тем, что все основные детали этого прибора хорошо видны. Необходимо обратить внимание учащихся на конструк-

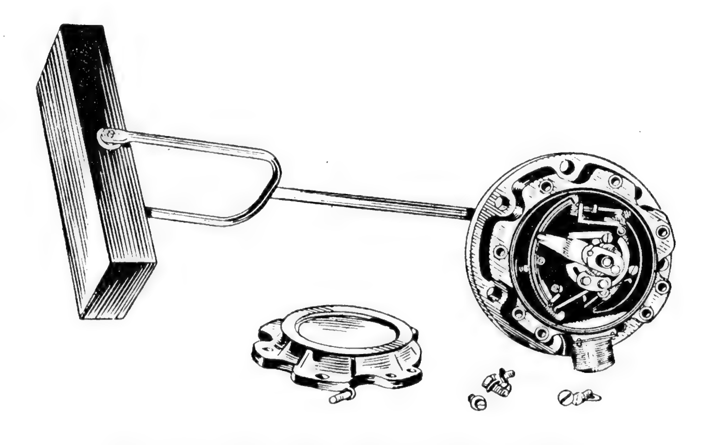


Рис. 72. Реостатный датчик уровня бензина.

тивную особенность прибора. Изменение уровня бензина вызывает перемещение поплавка, изготовленного из пенопласта. Поплавок связан системой рычагов с ползунком реостата, находящегося в закрытом корпусе. Аналогично устроен датчик уровня бензина в автомобиле.

Датчик скорости. Для определения скорости вращения часто применяют электрические тахометры.

В школе модель электрического тахометра демонстрируют при помощи магнитоэлектрической машины и вольтметра (рис. 73). С увеличением скорости вращения ротора магнитоэлектрической машины стрелка вольтметра будет отклоняться на больший угол. Желательно закрыть шкалу вольтметра шкалой, отградуированной в числах оборотов за единицу времени. В качестве промышленного образца может быть показан авиационный тахометр для измерения числа оборотов вала двигателя.

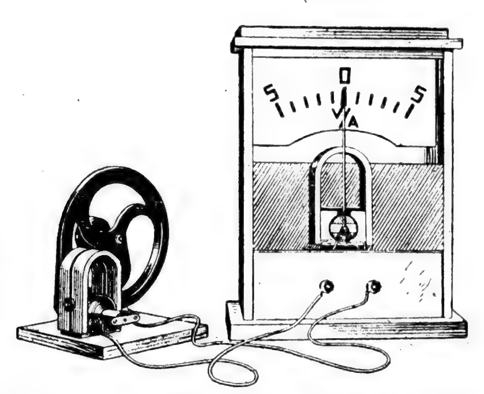


Рис. 73. Установка для демонстрации принципа действия генераторного тахометра.

Чтобы удобнее было показать электрический тахометр в действии, его укрепляют на валу электродвигателя. Скорость вращения якоря двигателя можно изменять ленточным тормозом (рис. 74).

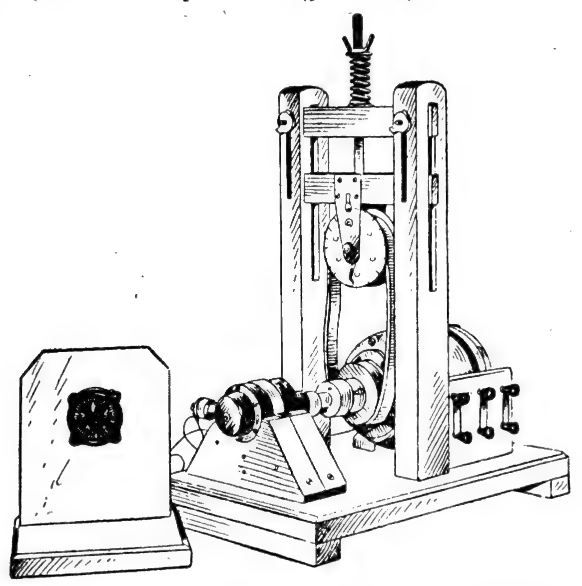


Рис. 74. Асинхронный двигатель, оборудованный ленточным тормозом и генераторным тахометром.

Датчик температуры. В качестве датчика температуры может быть продемонстрирована термопара (см. гл. I и гл. II).

Для показа промышленного образца можно взять термоэлектрический термометр типа ТЦТ-9, который применяют для измерения температуры головок цилинд-

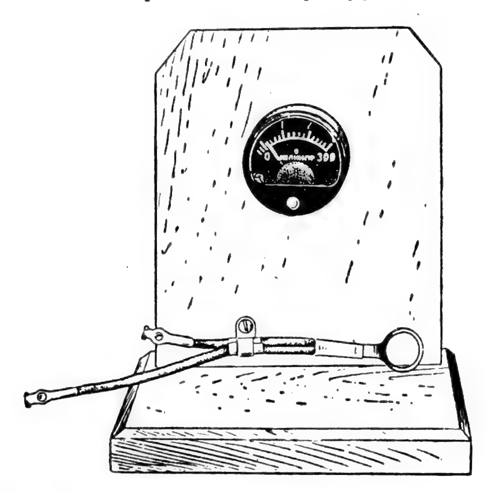


Рис. 75. Датчик и указатель термоэлектрического термометра.

ров двигателей внутреннего сгорания с воздушным охлаждением (рис. 75). Датчик состоит из медного кольца с припаянными к нему двумя проводниками-электродами — отрицательным из сплава копеля* и положительным — из хромеля**. В качестве указателя используют чувствительный гальванометр со шкалой, проградуированной непосредственно в градусах.

Для осуществления градусной шкалы необходимо, чтобы холодный конец термопары имел бы постоянную температуру или же нужно учитывать изменение этой температуры при отсчете по прибору. В приборе ТЦТ-9 учет температуры окружающего воздуха производится автоматически, при помощи корректора, который пред-

* Копель — сплав 55% меди и 45% никеля.

** Хромель — сплав 89% никеля, 9,8% хрома, 1% железа, 0,2% марганца.

ставляет собой биметаллическую спираль, установленную на подвижной системе гальванометра и служащую продолжением одной из токопроводящих пружинок. При изменении температуры воздуха, окружающего гальванометр, а следовательно, и температуры холодного конца

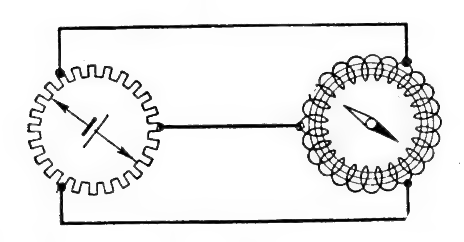


Рис. 76. Схема модели дистанционной передачи угла на постоянном токе

термопары спираль скручивается или раскручивается, увлекая за собой подвижную систему гальванометра вместе со стрелкой. Величина закручивания спирали рассчитывается таким образом, чтобы изменения температуры не влияли на показания прибора. При выключенной термопаре гальванометр показывает температуру окружающего воздуха.

Датчик освещенности. Для демонстрации датчика освещенности можно взять вентильный фотоэлемент. Демонстрационный гальванометр, соединенный с фотоэлементом, покажет тем больший ток, чем больше будет освещенность фотоэлемента. На объяснении физического принципа действия этого прибора следует остановиться, так как изучение этого вопроса в курсе физики во времени отстает от курса электротехники.

В качестве промышленного образца может быть показан фотоэкспонометр.

Дистанционная передача. Дистанционную передачу угла поворота плавного действия на постоянном токе можно показать на модели, рекомендуемой Белесковым («Физика в школе», 1959, № 5, стр. 94).

Датчиком служит реостат, намотанный в виде бесконечной спирали из нихромовой проволоки на каркасе из изолирующего материала. К трем точкам обмотки на равных расстояниях припаиваются три отвода. По об-

мотке, касаясь ее в двух диаметрально противоположных точках, скользят два ползунка, к которым присоединяют батарейку для карманного фонарика (рис. 76).

Приемником является кольцеобразный стальной сердечник с обмоткой, также имеющий три отвода через 120°. Сердечник делается из нескольких витков отожженной стальной проволоки или железной полоски. Обмотка наматывается медным проводом 0,5 *мм* виток к витку.

В центре кольцевого соленоида устанавливают компас или магнитную стрелку на оси. Датчик и приемник соединяют тремя проводами. Поворот ползунка датчика в точности повторяется магнитной стрелкой (рис. 77).

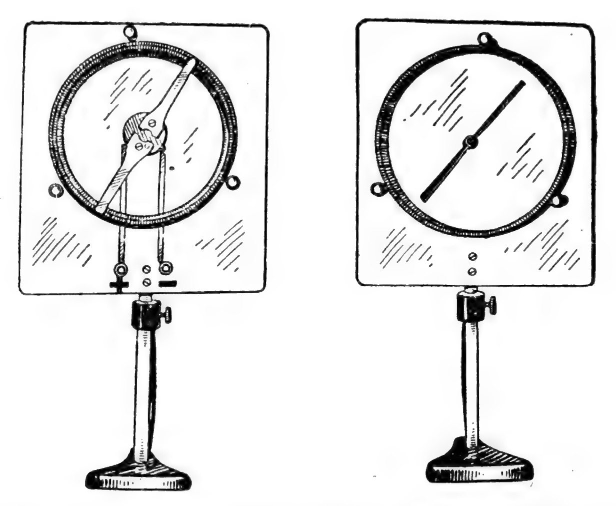


Рис. 77. Демонстрационная модель датчика и указателя потенциометрического устройства передачи угла.

Показать промышленный образец можно используя указатель положения закрылков УЗП-45 (см. стр. 28, гл. I). Этот прибор конструктивно почти не отличается от предложенной модели. Для того чтобы были видны основные детали, рекомендуется шкалу указателя сделать прозрачной, а крышку датчика снять и закрепить на пластинке из органического стекла (рис. 78). Для пита-

ния УЗП-45 требуется постоянный ток напряжением 27 *в*, который можно получить от школьного распределительного щита.

Другим прибором, обеспечивающим дистанционную передачу угла поворота, являются сельсины (см. стр. 30, гл. I).

Здесь можно воспользоваться рекомендацией Шахмаева («Политехническое обучение», 1958, № 5).

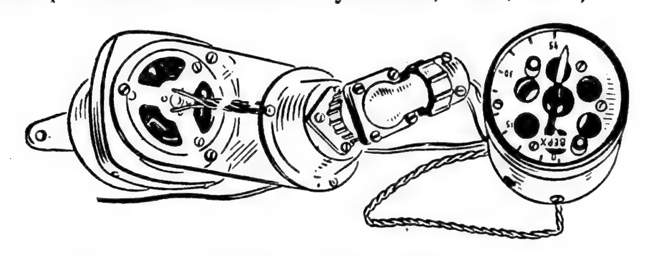


Рис. 78. Указатель и датчик прибора УЗП-45.

Собирают установку, изображенную на рисунке 79. Два статора одинаковых асинхронных двигателей (можно использовать статоры из набора по трехфазному току) включают в сеть трехфазного тока под пониженное напряжение. Внутрь статоров помещают подвижные рамки, содержащие 100—200 витков провода сечением 0, 5 *мм*. Осями рамок служат стальные спицы, укреп-

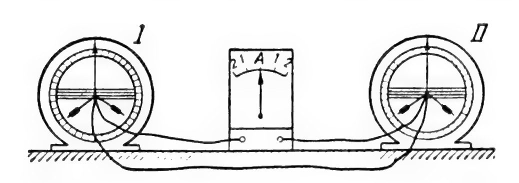


Рис. 79. Схема установки для демонстрации принципа действия сельсинов.

ленные в штативах. В качестве подшипников можно использовать гильзы от малокалиберной винтовки. Рамку наматывают без каркаса. Концы рамок соединяют между собой через амперметр переменного тока. К рамкам присоединяют стрелки с противовесами. Стрелки и противовес припаивают к жестяной пластинке с лапками,

которую укрепляют на рамке. При одинаковом пространственном положении рамок возникающие в них э. д. с. уравновешивают друг друга, поэтому тока внутри рамок не будет (об этом можно судить по показаниям амперметра) и рамки будут в покое.

Если повернуть одну из рамок на некоторый угол, равновесие э. д. с. в рамках нарушается и через рамки пойдет ток. Этот ток по закону Ленца окажет на вторую рамку такое действие, что она повернется в точно такое же положение, как и первая рамка. Как только это произойдет, равновесие э. д. с. в рамках восстановится и ток

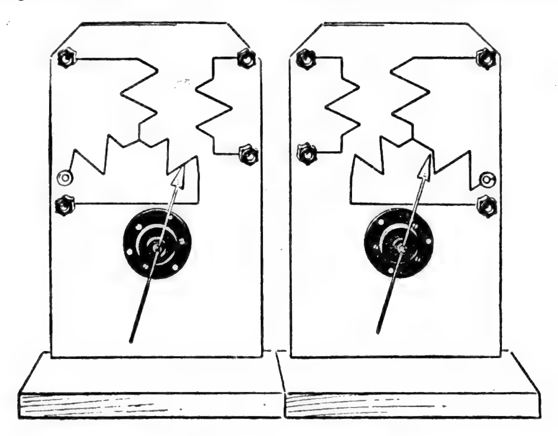


Рис. 80. Сельсины на панелях.

в их цепи прекратится. Один сельсин играет роль датчика, а другой — приемника.

Демонстрация принципа действия сельсина должна сопровождаться показом сельсинов в их конструктивном выполнении, например типа А-8. Сельсины крепят на вертикальных стойках, на которые наносят схемы расположения статорных и роторных обмоток.

Выводы статорной и роторной обмоток крепят к клеммам, установленным в соответствующих точках схематического изображения (рис. 80).

На осях сельсинов укрепляют стрелки, а на оси одного из них, кроме того, небольшой шкив, с помощью которого можно будет демонстрировать применение сельсинов, например, для показа измерения уровня жидкости

с последующей дистанционной передачей результатов измерения.

Электрический преобразователь. Говоря об электрическом преобразователе, можно показать учащимся принцип действия магнитного усилителя (см. гл. II и гл. I) и показать магнитный усилитель промышленного образца, например типа ПМУ-1 (рис. 81), применяемый

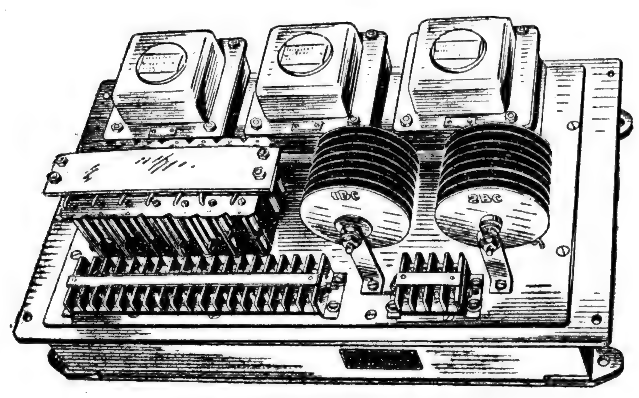


Рис. 81. Магнитный усилитель.

для пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Рассказывая о преобразователях, учитель должен особо подчеркнуть, что к этому виду элементов автоматики относятся и хорошо известные учащимся из курса физики выпрямители переменного тока, которые получили особенно большое распространение в электронной автоматике.

Электронный усилитель удобнее рассмотреть при изучении реле.

Электрическое реле. Изучение реле лучше начинать с уже знакомого учащимся электромагнитного реле. Ставится демонстрация, описанная на стр. 89. Затем учитель показывает электромагнитные реле различных типов (телефонные, промежуточные, контакторы).

На контакторах следует остановиться особо. Надо объяснить учащимся, что контакторы в устройствах автоматики зачастую играют роль преобразователя. Так как на уроках физики демонстрируют электромагнитные реле

постоянного тока, то учащимся может показаться непонятным принцип действия контакторов переменного тока.

У первых сердечник изготовлен из сплошного куска стали, а у вторых — собран из листов трансформаторной стали. Такой сердечник во время работы меньше нагревается токами, индуктируемыми в сердечнике переменным магнитным полем. Один из полюсов сердечника раздваивают, и на него надевают ярмо из меди. Это устройство уменьшает вибрацию якоря.

Наиболее перспективным направлением в развитии автоматики является электронная автоматика. Основная особенность электронной автоматики заключается в том, что роль преобразователя электрического сигнала, идущего от датчика, выполняет электронная лампа или полупроводниковый прибор.

Электронные реле обладают значительными достоинствами: высокой чувствительностью, быстродействием, высоким коэффициентом управления. Недостатками электронных реле является ограниченный срок службы лампы и необходимость питания ее накала.

Учащиеся средней школы получают в курсе физики достаточный объем знаний для понимания принципа работы электронного реле — основного прибора электронной автоматики.

Ниже мы предлагаем набор деталей для сборки демонстрационной модели электронного реле. Эта модель дает возможность продемонстрировать место электронной лампы в устройствах автоматики, выяснить ее роль как преобразователя электрического сигнала, показать универсальность электронных реле.

Набор состоит из трех вертикальных панелей: фотоэлемента (рис. 82), электромагнитного реле (рис. 83) и электронной лампы (рис. 84).

Такое расположение деталей делает схему наглядной, подчеркивает универсальность каждого элемента автоматического устройства. Для увеличения наглядности на панели наносят схему невидимых электрических соединений (схема лампы, фотоэлемента). Для защиты фотоэлемента от боковых световых лучей на панели фотоэлемента укрепляют съемный защитный кожух с тубусом. Для сокращения времени, потребного на монтаж, конденсатор, блокирующий обмотку электромагнитного реле, укрепляется на панели. Остальные детали (сопро-

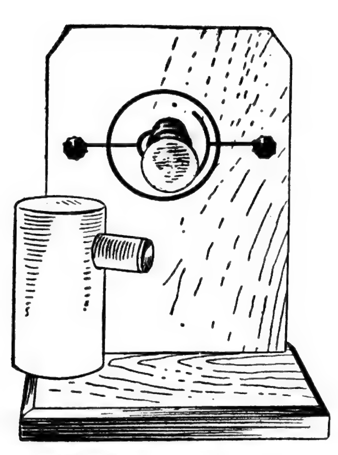


Рис. 82. Панель с фотоэлементом.

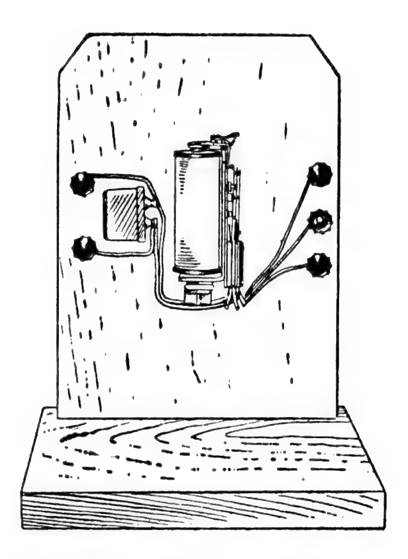


Рис. 83. Панель с электромагнитным реле.

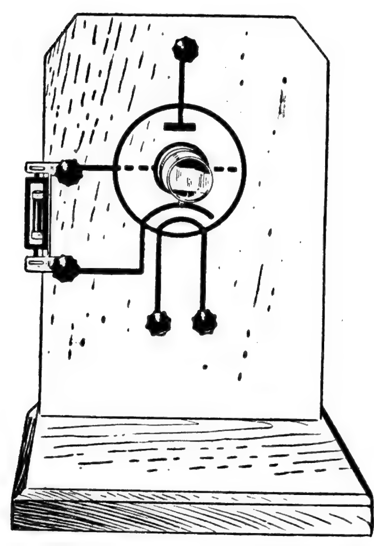


Рис. 84. Панель с электронной лампой.

тивление на 100 *Мом*, конденсатор на 4 *мкф* и переменное сопротивление) монтируют на съемных панелях, которые с помощью полосок-контактов могут быть быстро укреплены на клеммах вертикальных панелей.

Электромагнитное реле можно взять телефонного типа. Большинство телефонных реле имеют обмотку небольшого омического сопротивления. Так как в приведенных схемах обмотка играет роль автоматического смещения, то для получения необходимой величины этого сопротивления

старую обмотку снимают и наматывают новую проводом в эмалевой изоляции диаметром 0,05—0,08 *мм* до заполнения каркаса катушки. Омическое сопротивление реле должно стать равным (или большим) 10 000 *ом*.

Питание реле осуществляется от школьного кенотронного выпрямителя.

Электронное реле с сеточным контактом. Панели электронной лампы и электромагнитного реле соединяют по схеме рисунка 85. К клеммам лампы подключают съемную панель с постоянным сопротивлением 100 *Мом* и ключ. Когда ключ разомкнут, то на сетку лампы подается нулевой потенциал относительно катода и лампа «отперта». Электрический ток, проходя через лампу, а следовательно, и через обмотку реле, заставляет якорь реле притянуться к сердечнику. Если теперь замкнуть ключ и тем самым соединить сетку лампы с общим минусом, сетка получит отрицательный потенциал (меньший, чем потенциал катода), ток через лампу прекратится, якорь реле отпадет от сердечника и произойдет отключение, включение или переключение соответствующих контактов.

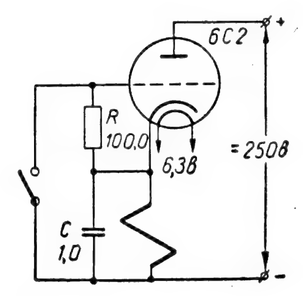


Рис. 85. Схема электронного реле с сеточным контактом.

Подобное устройство чаще применяют с контактным датчиком (например, с электроконтактной головкой). Если даже контакт будет плохим и величина тока, проходящего через контакт, очень мала, реле благодаря усилительным свойствам лампы все же сработает.

Реле времени. Демонстрацию производят на той же установке, только постоянное сопротивление заменяют панелью с конденсатором и переменным сопротивлением (рис. 86). Конструкция съемной панели показана на рисунке 87.

Электромагнитное реле обладает известной инерцией. Если сеточный контакт электронного реле будет кратковременным, электромагнитное реле не успеет сработать.

Для того чтобы можно было использовать электромагнитное реле при весьма кратковременных замыка-

ниях сеточного контакта, параллельно сопротивлению утечки включают конденсатор. В момент замыкания контакта конденсатор заряжается, причем обкладка конденсатора, соединенная с сеткой лампы, получает отрицательный потенциал и лампа «запирается». Если теперь разомкнуть ключ, то благодаря заряду конденсатора на сетке лампы сохраняется еще отрицательный потенциал. Через некоторое время конденсатор разрядится через сопротивление и лампа опять начнет пропускать электрический ток. Время, в течение которого лампа будет «заперта», зависит от емкости конденсатора и величины сопротивления. Если взять переменное сопротивление, тогда можно будет менять время срабатывания реле.

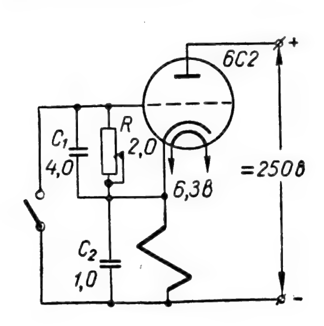
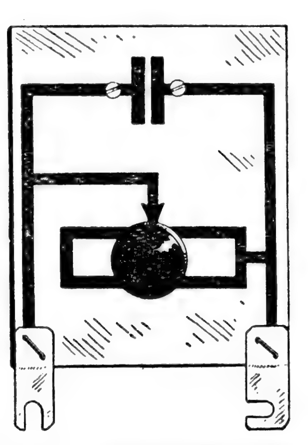


Рис. 86. Схема электронного реле времени.


Рис. 87. Конструкция съемной панели.

Включив в цепь электромагнитного реле лампочку или звонок, преподаватель демонстрирует учащимся работу реле при разной величине переменного сопротивления. Меняя величину сопротивления, мы меняем скорость, с которой будет разряжаться конденсатор.

Подобные электронные реле времени получили большое распространение в производственной практике. Они позволяют включать и выключать те или иные приборы на строго определенный промежуток времени.

Точная выдержка времени необходима в фотографировании, в цинкографии, при контактной электросварке, в химическом производстве.

Преподаватель демонстрирует промышленный прибор — реле времени для фотопечати (рис. 88).

Фотореле. Включив вместо контактного датчика панель с фотоэлементом, мы получим фотореле (рис. 89). Пока фотоэлемент не освещен, электрический ток в его цепи отсутствует и через

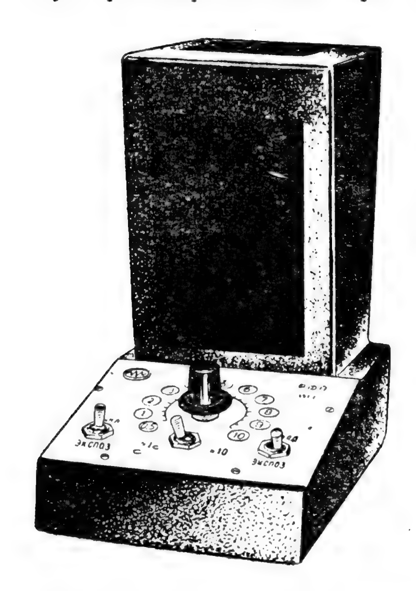


Рис. 88. Электронное реле времени для фотопечати.

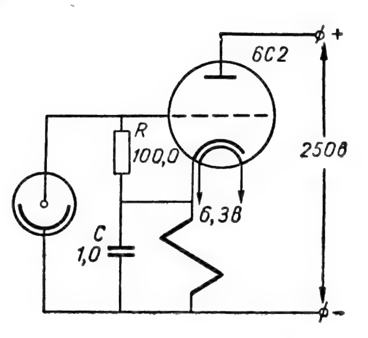


Рис. 89. Схема фотореле.

лампу проходит ток. При освещении фотоэлемента сетка лампы оказывается соединенной с общим минусом. Лампа «запирается», реле срабатывает.

Фотореле применяется для счета изделий, для контроля деталей по размерам, по прозрачности и т. д.

Исполнительные устройства. Изучение этой темы не требует постановки специальной демонстрации.

Но практика показывает, что учащиеся плохо представляют себе работу электрических схем с замыкающими, размыкающими и переключающими контактами. Поэтому некоторое время на уроке должно быть отведено упражнению в вычерчивании релейных схем. Но и этих упражнений может оказаться недостаточно или они не приведут к желаемому результату, если учащиеся не обладают достаточно развитым воображением. Дело в том, что на схемах изображение контактов статично. Представить себе изменение положения контактов во вре-

мя прохождения электрического сигнала учащиеся затрудняются.

Можно прибегнуть к такому приему. Релейную схему вычерчивают четко на классной доске. На этой схеме контакты изображают полосками плотной белой бумаги, закрепленными в соответствующих местах схемы. Учащиеся следят за прохождением электрического сигнала и переводят полоски-контакты в необходимые положения.

Упражнения с подобными схемами способствуют быстрому усвоению учащимися релейных схем.

Тема: **Автоматический контроль**

На уроках, посвященных изучению датчиков, учащиеся уже познакомились с устройством автоматического контроля, хотя этот термин и не произносился в классе.

Действительно, когда демонстрировалось действие датчиков, то поданный датчиком электрический сигнал регистрировался измерительным прибором. А совокупность электрического датчика и измерительного (указывающего, записывающего, сигнального) прибора образует устройство автоматического контроля.

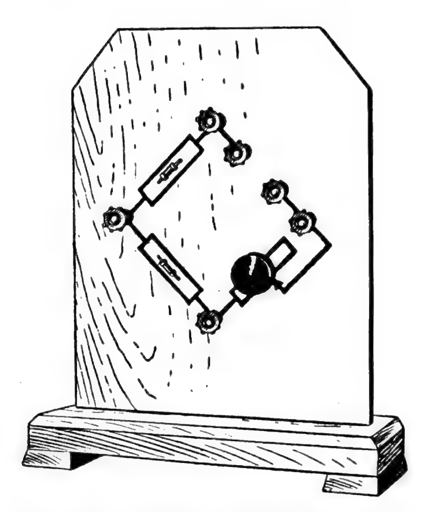


Рис. 90. Панель с мостовой схемой.

Рассказав об этом учащимся, можно еще раз продемонстрировать один из датчиков в паре с измерительным прибором. Учитель объясняет, что устройство автоматического контроля представляет собой наиболее простое (с технической точки зрения) устройство автоматики.

Можно провести большое количество демонстраций устройств автоматического контроля и сигнализации. Не-

обходимо только при постановке демонстраций так располагать приборы, чтобы наиболее убедительно показать учащимся структуру устройств автоматического контроля. Для этого надо на демонстрационном столе выделить датчик, преобразователь и исполнительное устройство. С этой точки зрения наиболее удобной будет следующая установка.

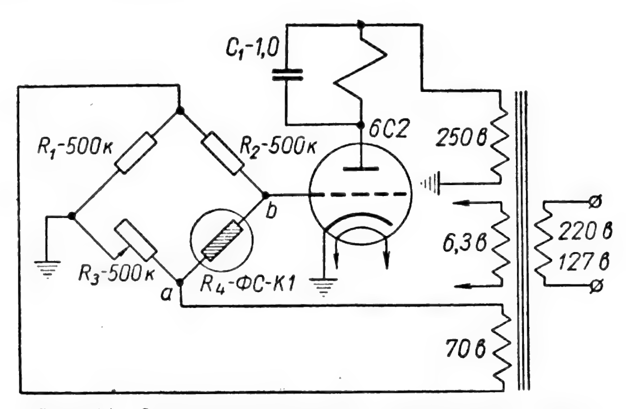


Рис. 91. Схема универсального электронного реле.

На вертикальной панели укрепляют детали мостовой схемы (рис. 90). Кроме того, потребуются панели с электронной лампой и электромагнитным реле (описание их приведено на стр. 114).

Для питания схемы необходим трансформатор, дающий на зажимах вторичной обмотки напряжения 6, 3, 70, 220 *в*.

Собирают схему по рисунку 91. Известно, что напряжение на диагонали уравновешенного моста равно нулю. Когда равновесие моста нарушается, в один из полупериодов на сетку лампы подается положительный потенциал и лампа «отпирается». Эта схема удобна тем, что в одно из плечей моста можно включить различные электрические датчики: фотосопротивление, реостатный датчик, термосопротивление. Таким образом можно продемонстрировать автоматический контроль различных физических величин

Датчики укрепляют на отдельных панелях. Это еще больше подчеркивает расчленение устройства автомати-

ческого контроля на датчик, преобразователь (мостовая схема, электронная лампа) и исполнительное устройство (электромагнитное реле с подключенными приборами сигнализации).

Подключив к точкам «а» и «б» мостовой схемы фотосопротивление типа ФС-К1 (рис. 92), мы получим чувствительное фотореле, с помощью которого можно продемонстрировать контроль количества деталей, качество обработки поверхности детали, контроль прозрачности материала. Нет необходимости строить специальный конвейер для перемещения деталей (хотя это могло бы значительно «оживить» демонстрацию). Их можно перемещать мимо датчика на длинной полосе бумаги.

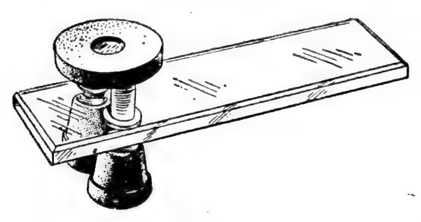


Рис. 92. Панель с фотосопротивлением.

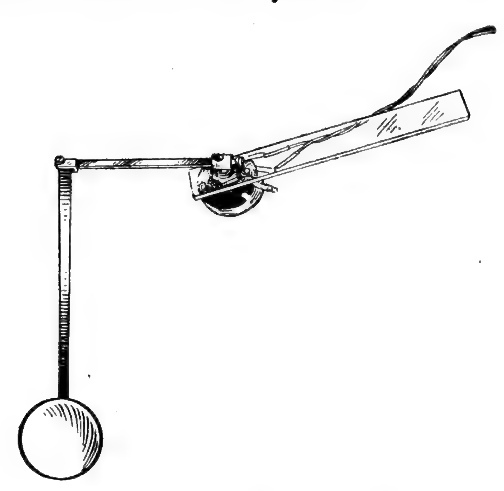


Рис. 93. Поплавковый датчик.

Для контроля температуры в мостовую схему включается термосопротивление типа ММТ, для контроля уровня жидкости в сосуде — реостатный датчик с поплавком.

Реостатный датчик представляет собой переменное сопротивление 500 *ком,* на оси которого с помощью рычагов укрепляют поплавок (шарик от пинг-понга) (рис. 93).

Перед началом демонстрации надо тщательно уравновесить мостовую схему при помощи переменного сопротивления R_3.

В качестве исполнительного устройства может быть включен звонок или сигнальная лампочка.

Преподаватель должен подчеркнуть, что устройства автоматического контроля не только освобождают человека от наблюдения за ходом технологического процесса, но позволяют быстро и точно определять качество детали.

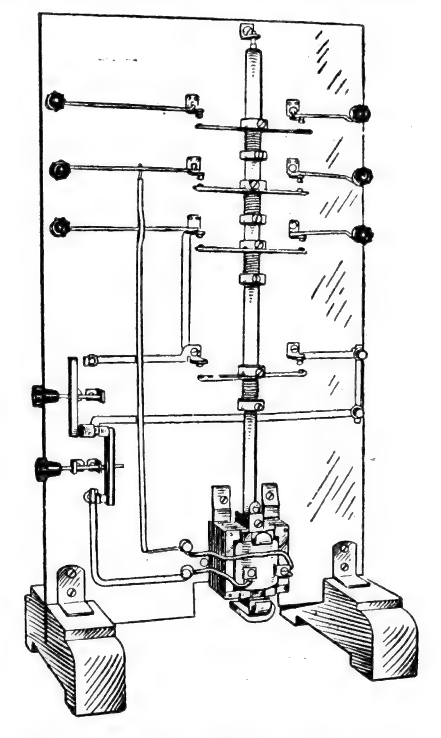


Рис. 94. Демонстрационная модель магнитного пускателя.

Тема: **Автоматическое управление**

С одним из устройств автоматического управления (магнитным пускателем) учащиеся встречаются при работе в школьных мастерских, но ничего еще не могут сказать о его устройстве.

Учитывая большое распространение этого прибора в оборудовании производственных предприятий, изучение устройств автоматического управления необходимо начинать с изучения магнитного пускателя.

Учащиеся знакомятся с принципом действия магнитного пускателя на демонстрационной модели (рис. 94). На отдельной панели монтируют тепловое реле.

В качестве управляемого объекта берется асинхронный двигатель с ленточным тормозом. Наличие тормоза позволит изменить нагрузку двигателя и продемонстрировать срабатывание теплового реле.

Демонстрация действующих моделей сопровождается демонстрацией магнитного пускателя промышленного изготовления.

Надо показать учащимся, что устройство автоматического управления может включаться не только по сигналу, поданному человеком, но и по сигналу, поступающему от реле. Для демонстрации можно воспользоваться фотореле. Размыкающиеся контакты реле включаются последовательно с кнопкой «стоп».

При приближении человека к работающему двигателю пересекается луч света, падающего на фотоэлемент. Реле срабатывает и останавливает двигатель.

Учитель объясняет, что подобные устройства применяют для защиты обслуживающего персонала от травм, когда рабочий оказывается в опасной близости от работающей установки.

Для демонстрации устройств программного управления можно воспользоваться рекомендацией А. А. Чунина и В. П. Волкова. В журнале «Физика в школе», № 6 за 1960 г. помещена статья этих авторов: «Модели автоматов программного управления».

Если в школе имеется командный электропневматический прибор (КЭП), то его можно использовать при демонстрации автоматического устройства программного управления, например показать учащимся автоматическое включение по заданному графику времени электрического двигателя, осветительной лампы и электрического звонка.

Нужно напомнить учащимся, что с принципом программного управления они уже встречались в курсе машиноведения при изучении автомобиля (система газораспределения, система зажигания).

Автоматические устройства программного управления обладают свойством универсальности. Это значит, что достаточно сменить программу, управляющую работой, например, металлорежущего станка, и станок готов к изготовлению новой детали.

Тема: **Автоматическая защита**

Для обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения на электрических подстанциях применяют защиту от ненормальных режимов работы. Кроме того, аппаратура защиты предназначается для защиты электрооборудования и обслуживающего персонала в случаях короткого замыкания, перегрева обмоток электродвигателей, снижения напряжения сети ниже допустимых пределов и т. д.

Необходимо продемонстрировать учащимся защиту от коротких замыканий, которая выполняется с помощью

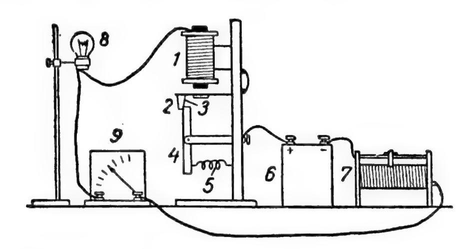


Рис. 95. Установка для демонстрации принципа действия максимальной токовой защиты:

1 — электромагнит; *2* — якорь; *3* — зубец якоря; *4* — рычаг; *5* — пружина; *6* — источник тока; *7* — реостат; *8* — лампа; *9* — амперметр.

плавких предохранителей. Кроме того, надо показать различные типы плавких предохранителей и рассказать о их назначении.

Защиту от многих ненормальных режимов работы выполняет релейная защита.

Учащиеся знакомятся с аппаратурой релейной защиты (реле максимального тока, реле времени, промежуточное реле).

Описание простейшей демонстрационной модели реле максимального тока дает Жерехов (Г. И. Жерехов, Политехническое обучение в демонстрационных опытах, Учпедгиз, 1957, стр. 95).

Модель состоит из электромагнита *1* (рис. 95), который может притягивать к себе якорь *2*. На конце якоря имеется зубец *3*. Этот зубец удерживает рубильник *4*, имеющий вид рычага. На нижнее плечо этого рычага

действует пружина. Реле включается в цепь последовательно, так, чтобы ток проходил через электромагнит, якорь и рубильник. Величина тока контролируется амперметром *9* и может быть изменена при помощи реостата *7*.

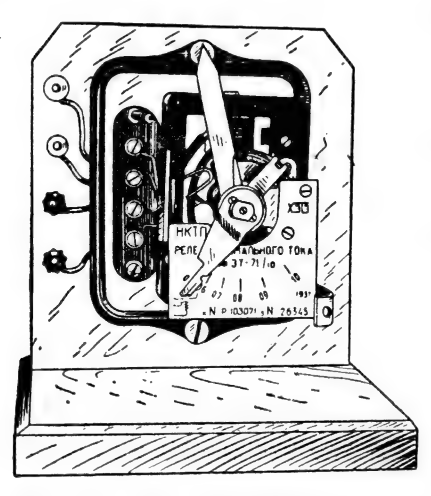


Рис. 96. Реле максимального тока, оборудованного стрелкой-указателем.

Увеличивая ток, наблюдаем, как электромагнит притянет к себе якорь. Зубец якоря освободит рубильник, и цепь разорвется.

Учитель объясняет, что в данном случае выключение потребителя электроэнергии произведено с помощью реле максимального тока.

В энергетических системах, когда приходится контролировать большие мощности, подобный прибор непригоден. Поэтому применяют такие реле максимального тока, которые не разрывают электрическую цепь, а, наоборот, при достижении опасных перегрузок включают вспомогательные приборы, с помощью которых производится разрыв цепи главного тока.

Учащиеся демонстрируют реле типа ЭТ—71/10 и объясняют его устройство.

Учитель включает реле в цепь и демонстрирует его работу. Для того чтобы поворот якоря был лучше заметен учащимся, рекомендуется к оси якоря прикрепить стрелку из плотной бумаги (рис. 96).

Надо объяснить, что в устройствах релейной защиты реле максимального тока подключается к главной цепи через трансформатор тока. Но, чтобы не усложнять схемы, в школьных условиях реле может быть включено непосредственно в цепь потребителя электроэнергии. В качестве нагрузки удобно брать ламповый реостат. Необходимо только или окрасить лампы, или закрыть их экраном так, чтобы свет не слепил учащимся глаза. Учи-

тель объясняет назначение и устройство реле времени. Для этой цели удобно взять реле времени типа ЭВ-180 или ЭВ-200 (рис. 97).

Конструктивное оформление реле этих типов обеспечивает большую наглядность. Но надо иметь в виду, что в настоящее время в схемах защиты применяют главным образом реле времени типа ЭВ-1 или ЭВ-2.

В случаях применения для демонстрации реле типа ЭВ-1 или ЭВ-2 подвижный контакт хорошо окрасить светлой краской (рис. 98), чтобы лучше наблюдать его движение.

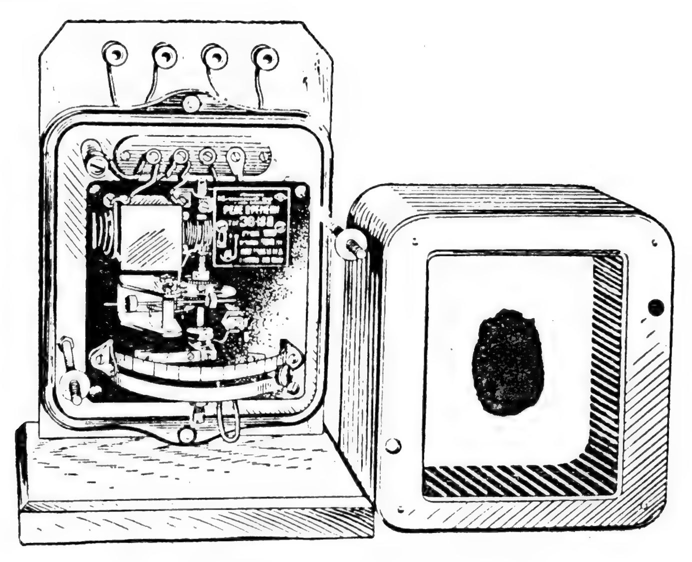


Рис. 97. Реле времени типа ЭВ-180.

После объяснения устройства и действия промежуточного реле собирают схему (рис. 99) устройства максимальной токовой защиты. Здесь опять целесообразно пойти на упрощение схемы и разрыв цепи главного тока производить не при помощи масляных выключателей, как это практикуется, а при помощи контактов промежуточного реле.

Реле выпускают с питанием от источников тока с различными напряжениями. Разумеется, следует позабо-

титься о подборе реле, рассчитанных на одно напряжение.

Одной из разновидностей устройств автоматической защиты являются устройства блокировки. Их назначе-

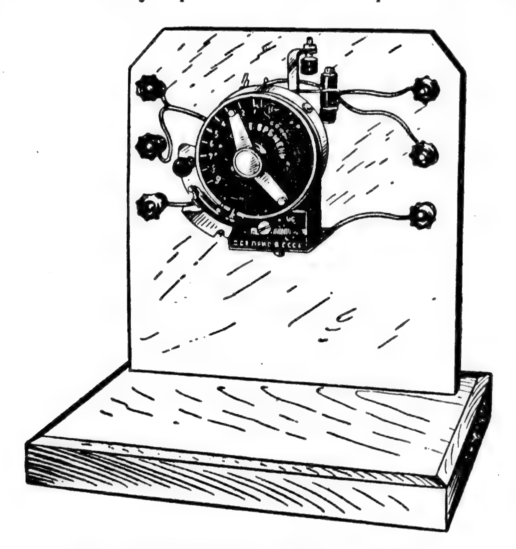


Рис. 98. Реле времени типа ЭВ-1.

ние заключается в том, чтобы защищать оборудование и обслуживающий персонал от неправильных действий со стороны человека.

Учащиеся уже встречались с блокировкой. Учитель

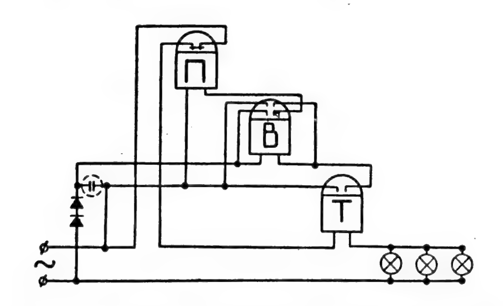


Рис. 99. Схема устройства релейной токовой защиты.

может им напомнить, что у токарных станков, на которых работают учащиеся, при включенном двигателе нельзя открывать крышку кожуха коробки скоростей. Двигатель немедленно выключится. Также нельзя открывать дверцу, прикрывающую доступ к магнитному пускателю и электродвигателю. Закрытая крышка кожуха нажимает на кнопку, замыкающую цепь управления пускателя. Такое же устройство имеется у дверцы шкафа с магнитным пускателем и электродвигателем.

Станки для заточки резцов снабжаются защитными экранами. Пока экран не опущен в рабочее положение, двигатель станка нельзя включить.

Сами учащиеся могут подсказать, что подобными устройствами блокировки снабжены радиоприемники и телевизоры.

Если снять заднюю крышку приемника или телевизора, то невозможно их включить в сеть.

Можно продемонстрировать принцип действия автоматической блокировки. От выключателя электрического освещения, который обычно ставится вблизи двери, проводим два провода к металлическим пластинкам. Одна из пластинок крепится к косяку, а вторая — к двери так, чтобы при закрытой двери пластинки соединялись. Пластинки включаются в цепь последовально с выключателем. Таким образом, пока двери открыты, при помощи выключателя невозможно включить освещение. Как только дверь будет закрыта, пластинки соединяются и выключатель начинает работать нормально.

Подобным образом осуществляется блокировка высоковольтных выключателей и трансформаторов. Пока дверь, ведущая к трансформаторам или высоковольтным выключателям, открыта, они отключены от источника высокого напряжения. Понятно, что в этом случае контакты двери включают или выключают управляющую обмотку промежуточного реле, в управляемую цепь которого включены трансформаторы и выключатели.

Особенно большое распространение устройства автоматической блокировки получили на железной дороге. Это позволило значительно повысить пропускную способность железнодорожной линии и безопасность движения поездов.

Принцип действия железнодорожной блокировки демонстрируется на простой установке.

На длинной доске укрепляют полоски из белой жести — «рельсы». «Рельсы» не сплошные, а разделены промежутками на три участка. По рельсам перемещается легкоподвижная тележка. Кроме того, потребуется два осветителя из набора приборов для лабораторных работ по оптике. Колпачки с осветителей снимают, а лампочки окрашивают в зеленый и красный цвета. Осветители, расположенные рядом, символизируют светофор. Электромагнитное реле лучше взять демонстрационного типа. Собирается цепь по схеме рисунка 100. Когда тележка перемещается по первому участку, горит зеленая лампочка. Как только тележка вкатится на второй участок, зеленая лампочка гаснет и зажигается красная. Участок занят. После того как тележка пройдет второй участок, вновь загорится зеленая лампочка. Обычно, кроме двух сигналов светофора, применяется еще третий — желтый, предупреждающий машиниста о том, что впереди его остается свободным лишь один блок-участок.

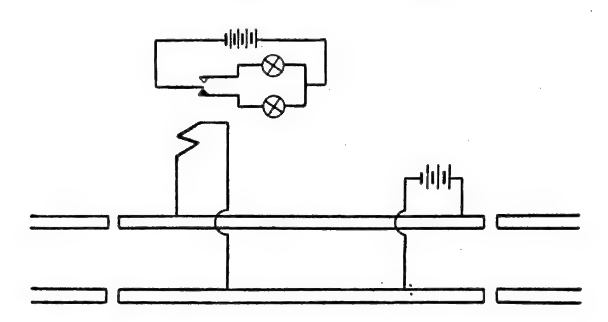


Рис. 100. Схема демонстрационной модели железнодорожной автоблокировки.

Преподаватель объясняет учащимся, что, если даже машинист не заметит красного сигнала и не остановит поезд, аварии не произойдет. Специальное устройство все же остановит поезд у светофора с красным сигналом.

Тема: Автоматическое регулирование

Преподавание этой темы составляет сложную задачу, так как рекомендованный нами прием дублирования демонстрационной модели образцом устройства промыш-

ленного изготовления в данном случае трудно осуществить. Конечно, можно поставить демонстрацию действия угольного регулятора напряжения, который применяется на радиостанциях малой мощности (рис. 101).

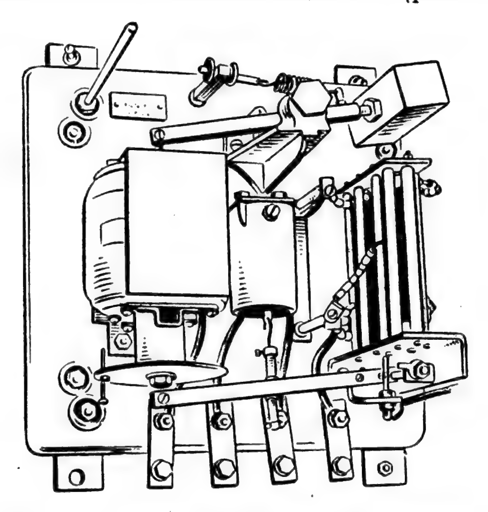


Рис. 101. Угольный регулятор напряжения.

Но не во всех школах найдется такой прибор. В этом случае придется ограничиться лишь демонстрацией действующей модели.

Наглядной и эффектной является демонстрация модели автоматической насосной станции.

Наиболее сложной деталью модели является центробежный насос. Подробное описание самодельного центробежного насоса можно найти в книге Г. Шминке «Модели-автоматы», изд. «Молодая гвардия», 1958.

Поплавок регулятора проще всего изготовить из перегоревшей электрической лампы, припаяв к цоколю стержень. Колбу лампы надо окрасить масляной краской в яркий цвет.

Стеклянную банку, изображающую водопроводный бак, закрывают металлической крышкой, на которой укрепляют неподвижный контакт, изолированный от крышки. Через втулку сквозь крышку проходит стержень, на котором укрепляют подвижный контакт. На крышке же укрепляют клеммы. Одна, изолированная от крыш-

ки, соединяется отрезком провода с неподвижным контактом. Другая находится в электрическом соединении с металлом крышки. Таким образом она через втулку и стержень соединяется с подвижным контактом.

В крышке просверливают два отверстия большого диаметра: одно — для трубки, через которую в банку будет накачиваться вода, и второе — для сифона, через который вода непрерывно будет расходоваться из бака. В качестве двигателя лучше всего использовать двигатель от швейной машины. Во многих школах имеются приборы для определения мощности двигателя ленточным тормозом. Если в конструкции насоса предусмотреть крепление болтами, то можно будет его крепить на подставке ленточного тормоза, соединяя резиновой муфтой вал двигателя с валом насоса. Стойка с динамометрами в этом случае снимается. Провода, идущие к клеммам, присоединяются параллельно выключателю. Это удобно в том отношении,что можно показать учащимся и ручное и автоматическое регулирование. Описанная модель эффектна в демонстрации и убедительно показывает преимущества автоматического регулирования.

Учитель должен помнить, что крышка с клеммами находится под напряжением!

Свое объяснение учитель должен сопровождать примерами из техники. Автопилот и автоматический корабельный рулевой удерживают самолет и корабль на заданном курсе. Поезда, оборудованные системой автоматического регулирования, позволяют точно соблюдать график движения и экономить 15—20% энергии. Автоматические регуляторы работы трактора конструкции И. Г. Логинова позволяют автоматизировать один из трудоемких процессов земледелия — вспашку и т. д.

Учитель рассказывает о назначении и принципе действия следящих систем.

Здесь уместной будет демонстрация модели принципа действия следящего устройства, при помощи которого была осуществлена ориентация межпланетной станции, сфотографировавшей обратную сторону Луны в космическом пространстве.

На подъемном столике устанавливают фотореле закрытого типа, собранное по схеме рисунка 102. Чтобы рабочая площадка столика могла свободно вращаться вместе с фотореле, ее не закрепляют. На оси небольшого

электродвигателя укрепляют резиновый шкив. Вместо шкива можно навернуть на ось несколько слоев изоляционной ленты и поверх надеть отрезок резиновой трубки подходящего сечения.

При помощи двух зажимов и струбцинки от лабораторного штатива двигатель укрепляют на ножке столика так, чтобы он оказался прижатым резиновым шкивом к круглой рабочей площадке. Двигатель включают в сеть через контакты реле, которые замыкаются при затемнении фотоэлемента. Фотореле символизирует межпланетную станцию. На некотором расстоянии укрепляют осветительную лампочку, имитирующую Луну (рис. 103). Приборы включают в сеть. Двигатель начинает плавно поворачивать площадку с фотореле. Как только тубус фотоэлемента окажется направленным на

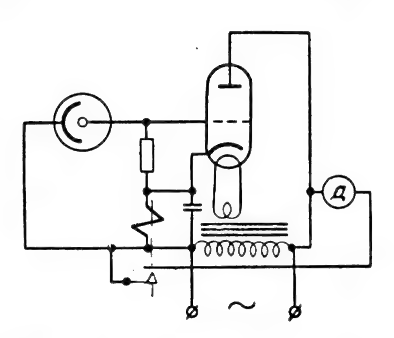


Рис. 102. Схема следящего устройства с фотореле.

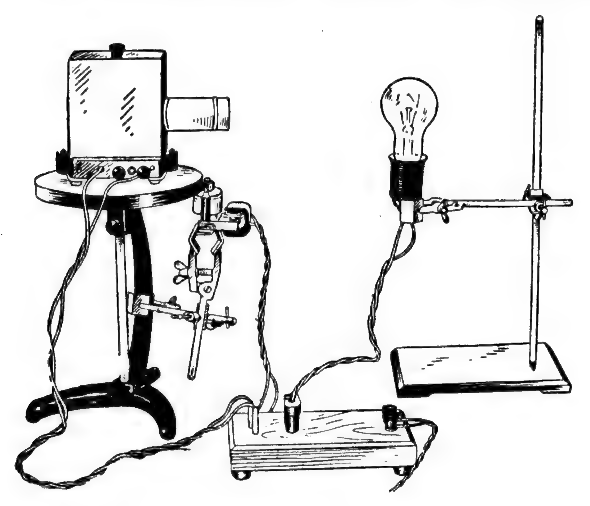


Рис. 103. Установка приборов для демонстрации следящего устройства.

источник света, реле сработает и двигатель отключится. Если теперь переместить лампочку, двигатель вновь начинает поворачивать фотореле до тех пор, пока оно опять не окажется направлено на источник света. Конечно, преподаватель должен предупредить учащихся, что устройство, ориентировавшее межпланетную станцию, было конструктивно несравненно более сложным и совершенным. Поворот станции осуществлялся ракетными двигателями. Пришлось принять специальные меры, чтобы станция не сориентировалась на Солнце.

Тема: **Устройства автоматики и устройства телемеханики**

Эта тема поставлена в качестве завершающей теоретический курс не случайно. Учителю будет легко показать, чем отличаются приборы и элементы автоматики от автоматических устройств, так как учащиеся уже познакомились с элементами автоматики и основными видами автоматических устройств. Делая краткий обзор устройств автоматики, можно будет убедительно доказать, что любое автоматическое устройство — совокупность элементов, что из элементов можно составить и устройство автоматического контроля, и устройство автоматического управления, и устройство автоматического регулирования, и устройство автоматической защиты. Знакомя учащихся с блок-схемой автоматических устройств, можно показать, что устройства контроля, защиты и управления имеют разомкнутую цепь воздействия, а устройство регулирования замкнутую. Учащимся может показаться, что устройства автоматической защиты, особенно максимальной токовой, тоже имеют замкнутую цепь воздействия. Но это не так. Сигнал, идущий от датчика (в данном случае от реле максимального тока), поступает в устройство управления и возвращается к объекту защиты. Но тут цепь разрывается. После того как сработало устройство защиты, электрический сигнал в датчик не поступает. Цепь разомкнулась.

Учащимся дается пояснение, что они ознакомились с автоматическими устройствами в «чистом» виде. В практике даже несложный агрегат включает в себя все виды автоматических устройств, имеющие зачастую общие элементы.

Изучение этой темы надо поставить так, чтобы одновременно можно было повторить ранее изученные основные вопросы.

Теперь будет нетрудно объяснить учащимся сущность телемеханики. Когда на уроках говорилось об автоматическом контроле, то умалчивалось о расстоянии, на которое можно передавать сигналы контроля.

Сейчас можно обратить внимание учащихся на тот факт, что длина проводов, соединяющих электрический датчик с указывающим прибором, может быть практически любой. То же можно сказать и об устройствах защиты и регулирования.

Преподаватель поясняет, какие трудности возникают при передаче сигналов (обычно говорят «информации») от объекта к другим приборам автоматики.

Рис. 104. Схема шагового распределителя:

1 — контактная щетка; *2* — храповик; *3* — собачка; *4* — пружина; *5* — якорь; *6* — электромагнит; *7* — контактные ламели.

Любые расстояния можно преодолеть при помощи телемеханики. Подчеркивается, что устройства телемеханики отличаются от обычных автоматических устройств наличием средств, передающих информацию на большое расстояние.

Одним из простейших и широко распространенных приборов, обеспечивающих передачу нескольких команд на большое расстояние, является шаговый искатель (см. стр. 71, гл. I).

Учителю совместно с учащимися будет нетрудно построить модель шагового искателя, устройство которого понятно из рисунка 104.

Шаговый искатель (распределитель) является приемным устройством. В качестве передающего устройства может быть взят телеграфный ключ. Соединенный последовательно с источником питания и электромагнитным

искателем, он позволит включать на расстоянии любые приборы. Например, нажав на ключ два раза, мы заставим дважды притянуться к электромагниту искателя якорь с собачкой. Собачка, упираясь в зубья храповика, дважды повернет его, и щетка искателя окажется в электрическом контакте со второй ламелью.

В цепь второй ламели и общего провода может быть включена электрическая лампочка. Нажав на ключ еще раз, можно включить электродвигатель и т. д.

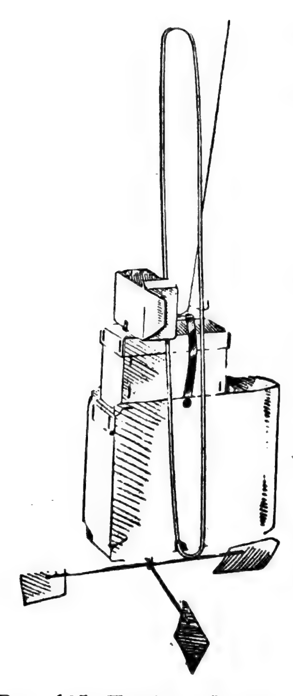


Рис. 105. Приборный контейнер радиозонда.

Преподаватель объясняет учащимся, что подобные устройства получили большое распространение в телефонии.

Демонстрируется телефонный шаговый искатель.

Сигналы можно передавать не только по проводам, но и с помощью радиоволн.

Большой интерес у учащихся вызывает демонстрация модели радиоуправляемого автомобиля.

Здесь не дается его описание, так как в настоящее время такая модель изготовляется предприятиями Учтехпрома и может быть приобретена школой. Желающих изготовить ее своими силами отсылаем к книге «Новые школьные приборы по физике и астрономии», изд. АПН РСФСР, 1959, или Б. С. Зворыкина «Приборы по автоматике, радиосвязи и радиоуправлению» («Физика в школе», 1959, № 5.)

В качестве прибора промышленного изготовления, передающего сигналы по радио, может быть продемонстрирован радиозонд, который из числа списанных или выбракованных можно получить на метеостанции (рис. 105).

Говоря об устройствах телемеханики, невозможно не рассказать о том, что успехи советской науки в освоении космоса были бы немыслимы без наличия совершен-

ных устройств телеконтроля, телеуправления и телерегулирования.

Заканчивая теоретический курс, хорошо продемонстрировать фильм «Автоматика и телемеханика» производства Киевской студии научно-популярных фильмов, 1954 г.

В первой части учащиеся увидят механические часы — первый автомат, созданный для практических целей, электромагнитное реле, применение электромагнитного реле для управления на расстоянии и в автоматической блокировке на железной дороге, познакомятся с устройством и применением шаговых искателей. Далее им будут показаны устройства автоматического контроля, станки-автоматы, устройства телемеханики. Длительность демонстрации 20 минут.

ПРАКТИКУМ ПО АВТОМАТИКЕ

Практикумом по автоматике заканчивается изучение курса электротехники.

В ходе выполнения практических работ учащиеся еще раз повторяют содержание теоретического курса и одновременно поднимаются на новую ступень, приобретая практические умения и навыки в обращении с приборами автоматики, в сборке схем автоматики.

Можно так составить инструкционные карты, что в ходе практикума будут развиваться творческие способности учащихся.

Выполнение работы станет возможным лишь при отчетливом представлении учащимися конструкции и принципа действия отдельных приборов и их деталей.

В приведенных ниже инструкционных картах содержатся не все данные, необходимые для выполнения работы. Этот метод составления инструкционных карт с неполными данными получил в настоящее время широкое распространение и дает хороший результат.

Учащиеся вынуждены отыскивать недостающие сведения в паспортах приборов и в их конструкции. Кроме того, в инструкционные карты включены задания творческого характера. Пользуясь полученными знаниями, учащиеся должны усложнить схему, сообщить установке новое качество. При этом схема не дается. Учащиеся должны ее разработать сами. В результате развиваются конструкторские способности учащихся.

В практикуме используются большей частью те же приборы, что и при изучении теоретического курса.

Конечно, содержание практических работ, а значит, и оборудование практикума может быть изменено в зависимости от производственного уклона школы, от обо-

рудования, имеющегося в школе. Но тематику практических работ следует оставить неизменной. Тем самым каждая основная тема теоретического курса будет подкреплена практической работой.

Основные темы предлагаемого практикума

1. Ознакомление с приборами автоматики Устройства автоматического контроля и сигнализации.
2. Сборка и испытание электронного реле.
3. Сборка устройства автоматической защиты.
4. Сборка устройства автоматического управления.
5. Сборка устройства автоматического регулирования.

Как уже отмечалось выше, учащиеся затрудняются в чтении релейных схем. Был предложен простой, но эффективный способ преодоления этих затруднений.

В ходе практикума может оказаться, что учащиеся испытывают большие затруднения в сборке релейных схем. Они путаются в обилии проводов, зачастую одно и то же соединение выполняют дважды, а некоторые соединения оставляют невыполненными. В результате схема не работает.

В то же время учащиеся-радиолюбители успешно справляются со сборкой самых сложных схем. Объяснение надо искать не в практике, а в методике сборки схем.

Неопытный учащийся сборку начинает со случайных соединений и так же хаотично продолжает ее. Учащийся-радиолюбитель, неоднократно на своем опыте убедившийся в бесплодности такого бессистемного монтажа, мысленно расчленяет схему на части и собирает ее по каскадам. При такой методике исключаются неправильные соединения или пропуски. Появляется возможность проверки схемы по частям в процессе сборки.

Так как в то время, которое отведено для практикума, нет возможности научить школьников мысленно расчленять схему, в инструкционных картах сложные схемы рекомендуется давать в расчлененном виде. Последовательная сборка их приводит к сложному монтажу. Такой эмпирический путь дает желаемые результаты. Учащиеся в ходе сборки расчлененных схем познают логику монтажа. В этом можно убедиться, давая задания усложнить схему дополнительными включениями. Даже без

готовой схемы, но идя тем же путем, учащиеся успешно справляются с поставленной задачей.

Как показывает опыт, ученики быстро усваивают этот метод и, встречаясь с незнакомой сложной схемой, стремятся расчленить ее на части, прежде чем приступить к сборке.

В приведенных для примера инструкциях метод расчлененных схем использован в работах «Автомат регулирования температуры воздуха» и «Сборка устройства максимальной токовой защиты».

Отсутствие учебных пособий побудило включить в инструкционные карты некоторые вопросы теории.

ИНСТРУКЦИОННЫЕ КАРТЫ К ПРАКТИКУМУ

Работа № 1

Тема: Ознакомление с приборами автоматики

I. Оборудование: 1. Указатель ТУЭ-48 термометра сопротивления.

2. Датчик П-1 термометра сопротивления.
3. Разрез датчика П-1.
4. Манометрическое температурное реле РМ-3.
5. Указатель положения закрылков УЗП-47.
6. Датчик указателя положения закрылков.
7. Электромагнитное реле.
8. Спиртовка.
9. Выпрямитель на 24 *в*.
10. Выпрямитель на 220 *в*.
11. Две лампочки на 220 *в*; 25 *вт*.

II. Ознакомление с содержанием работы. Любое автоматическое устройство состоит из отдельных элементов: датчика, преобразователя, реле, измерительного прибора, исполнительного органа, дистанционной передачи. Но в зависимости от сложности устройства некоторые из перечисленных элементов могут отсутствовать. Познакомимся с устройством некоторых приборов автоматики в их конструктивном выполнении.

Электрический термометр сопротивления. Действие этого термометра основано на принципе неуравновешенного электрического моста. Одно из плеч моста R_x (рис. 106) выполнено в виде сопротивления,

величина которого меняется в зависимости от окружающей температуры (приблизительно на 0,4% при изменении температуры на 1° С).

Остальные три плеча (R_1, R_2, R_3) изготовлены из манганиновой проволоки, сопротивление которой от изме-

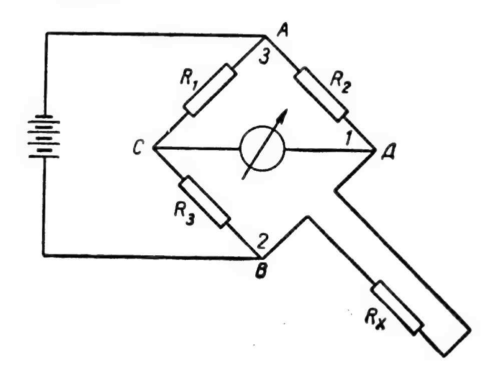


Рис. 106. Принципиальная схема термометра сопротивления.

нения температуры практически не зависит. В одну из диагоналей моста включен гальванометр, а к другой приложено напряжение 24 *в.* Плечо R_x помещается в среде, температуру которой можно измерить, а неуравновешенность моста измеряется указателем.

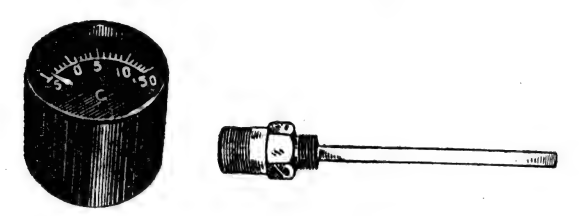


Рис. 107. Указатель и датчик термометра сопротивления.

Сопротивление выполняется из медной эмалированной проволоки, намотанной на слюдяной каркас. Каркас помещается в трубке, образуя датчик термометра сопротивления. Измерительным прибором для термометра сопротивления является магнитоэлектрический гальванометр (рис. 107).

Манометрическое температурное реле РМ-3. Устройство манометрического температурного реле РМ-3, применяемого в инкубаторах, основано на принципе расширения жидкости при нагревании. Датчик реле состоит из латунной трубки (патрона), соединенной со спиральной манометрической пружиной при помощи медного капилляра (рис. 108). Вся система наполнена

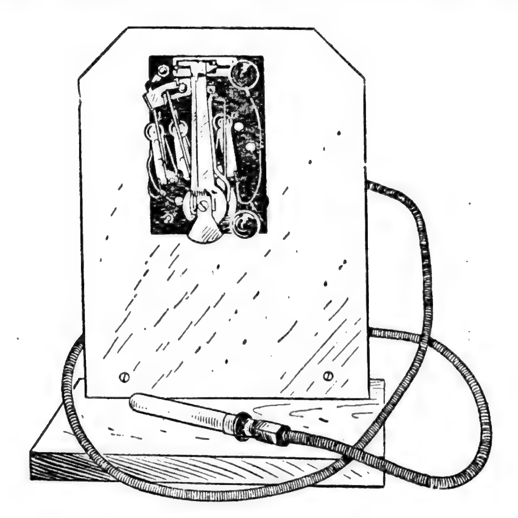


Рис. 108. Манометрическое термореле.

лигроином, который имеет большой коэффициент объемного расширения. Давление внутри датчика, капилляра и пружины зависит от температуры патрона. При повышении температуры возрастает давление. Повышенное давление заставляет раскручиваться манометрическую пружину, связанную с рычагом подвижного контакта. На панели реле имеются три пружинящих контакта, которые имеют ограничители движения. При помощи этих ограничителей и подвижной пластинки (на них укреплены пружинящие контакты) можно установить желаемую температуру, при которой цепь будет замкнута.

Указатель положения закрылков УЗП-45 *.

* Описание взято со стр. 28, гл. I, где подробнее говорится о закрылках и о дистанционной передаче угла поворота.

В электромеханических автоматических устройствах большую роль играют системы дистанционной передачи угла поворота. Датчиком дистанционной передачи угла плавного действия на постоянном токе служит кольцевой потенциометр, к двум диаметрально противоположным точкам которого подводится постоянный ток.

По потенциометру скользят три контактные щетки, связанные с осью задающего устройства. Щетки смещены на угол 120° одна относительно другой, от щеток отходят три провода, образующих линию связи, по которой осуществляется питание приемника, состоящего из трех одинаковых катушек, расположенных под углом 120° одна к другой, и свободно вращающегося постоянного магнита, находящегося между ними. С осью магнита скреплена стрелка, при помощи которой производится отсчет по шкале.

Конструктивно магнитная система приемника представляет собой кольцеобразный магнитопровод, выполненный из мягкой стали, на котором размещены три секции обмотки, соединяемые в треугольник или звезду. Магнит имеет цилиндрическую форму и намагничен по диаметру. В центре магнита запрессована ось, вращающаяся в подшипнике. При повороте подвижной системы датчика его щетки переходят с одних точек потенциометра на другие, имеющие другие потенциалы. При этом происходит перераспределение токов в обмотках приемника, и в результате магнитный поток, создаваемый обмотками приемника и направленный по его диаметру, поворачивается на угол, приблизительно равный углу поворота оси датчика. Так как постоянный магнит может свободно вращаться, то он установится вдоль оси магнитного потока приемника, повторяя тем самым движение оси датчика.

УЗП-45 используется на самолетах для дистанционного определения положений закрылков, которые изменяют угол атаки крыла при подъеме и при посадке.

Электромагнитное реле ЭП-101А. Электромагнитное реле используют для увеличения числа цепей, по которым передается сигнал для осуществления одновременного замыкания и размыкания отдельных цепей управления, для усиления электрического сигнала.

Электромагнитное реле — наиболее распространенный прибор автоматики. Реле ЭП-101А используют в

устройствах автоматической релейной защиты как промежуточное. Оно состоит из магнитопровода *1* (рис. 109), катушки *2* и поворотного якоря *3*, на котором укреплен подвижный контакт. При повороте якоря подвижный контакт размыкает цепь одних контактов и одновременно замыкает цепь других контактов (рис. 110).

III. Ход работы: 1. Используя разрез датчика П-1, познакомиться с датчиком термометра сопротивления (рис. 111).

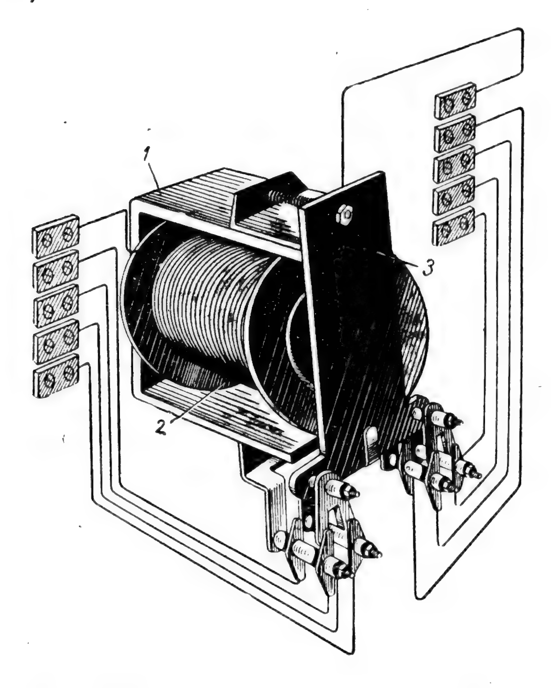


Рис. 109. Конструкция промежуточного реле.

2. Соединить датчик П-1 с указателем ТУЭ-48 и источником питания.

3. Нагревая датчик, следить за показаниями стрелки прибора.

4. Ознакомиться с устройством манометрического температурного реле. Найти патрон датчика, замыкающиеся и размыкающиеся контакты.

5. Нагревая патрон датчика манометрического температурного реле, проследить за перемещением подвижного контакта.

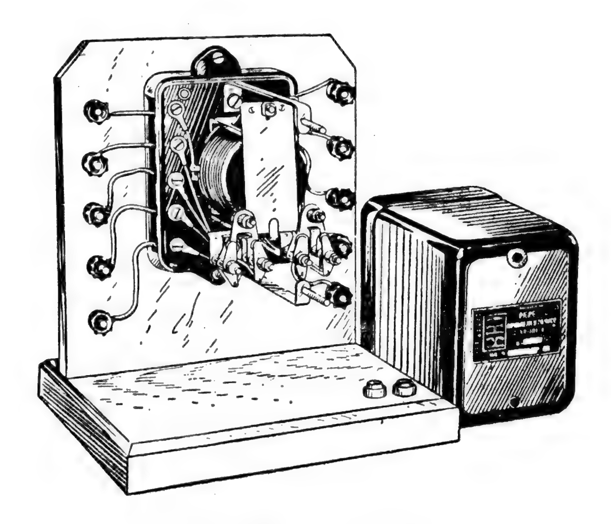


Рис. 110. Промежуточное реле.

6. Вычертить схему автоматического контроля с двумя лампочками и манометрическим температурным реле так, чтобы при определенной температуре одна лампочка включалась, а другая выключалась.

7. Собрать схему. Проследить за ее работой.

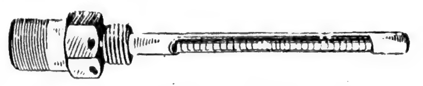


Рис. 111. Разрез датчика П-1.

8. Ознакомиться с устройством промежуточного реле. Определить тип и количество контактов. Найти выводы обмотки реле. Познакомиться с паспортными данными. Записать необходимую величину напряжения питания и род тока.

9. Вычертить схему, включив в исполнительную цепь реле две лампочки так, чтобы при срабатывании реле одна зажигалась, а другая гасла.

10. Собрать схему. Проследить за ее работой.

11. Ознакомиться с устройством УЗП-47. Найти коль-

цевой потенциометр и щетки. Обратить внимание на магнит и намотку статора.

12. Включить УЗП-47 в цепь питания и пронаблюдать его работу. Выполнив работу, учащиеся должны написать отчет.

Содержание отчета: 1. Название и цель работы.
2. Перечень изучаемого оборудования.
3. Паспортные данные приборов.
4. Схемы включения приборов.

Методические замечания учителю. Цель данной работы — ознакомление с устройством и действием основных приборов автоматики в их конструктивном выполнении. Содержание работы в каждом конкретном случае будет определяться, очевидно, производственным окружением школы и наличием тех или иных приборов, имеющихся в распоряжении учителя.

Большую помощь в оборудовании кабинета электротехники приборами автоматики в городских школах могут оказать промышленные предприятия, электростанция, аэропорт. В сельской местности некоторые приборы автоматики можно приобрести на инкубаторной станции или на колхозной электростанции. Датчики и указатели температуры и уровня бензина найдутся в любом гараже.

В описанной работе использованы приборы автоматики, применяемые в энергетике, авиации и в сельском хозяйстве.

Для того чтобы учащиеся имели возможность познакомиться с внутренним устройством датчика термометра сопротивления, второй экземпляр его можно разрезать так, чтобы стало видно проволочное сопротивление, намотанное на слюдяном каркасе.

В приборе УЗП-47 в указателе металлическая шкала заменена целлулоидной, чтобы стали видимыми постоянный магнит и обмотка статора. Крышка датчика снята и в смещенном положении укреплена на пластинке из органического стекла. При этом стал виден механизм потенциометрического датчика (см. рис. 78).

Для экономии времени, необходимого для включения приборов (термометр сопротивления, указатель положения закрылков), к приборам прилагается кабель со штепсельными разъемами.

Работа № 2

Тема: **Автомат регулирования температуры воздуха**

I. Оборудование: 1. Контактный термометр.
2. Промежуточное реле РК-1.
3. Плунжерное ртутное реле РП.
4. Электроплитка.
5. Ртутный термометр до 100° С.
6. Две лампочки на 220 *в;* 25 *вт.*

II. Ознакомление с содержанием работы. Одна из важных задач технологического процесса — поддержание определенной температуры.

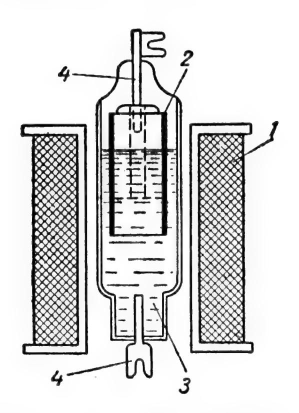


Рис. 112. Конструкция плунжерного реле:

1 — катушка электромагнита; *2* — поплавок; *3* — ампула со ртутью; *4* — контакты.

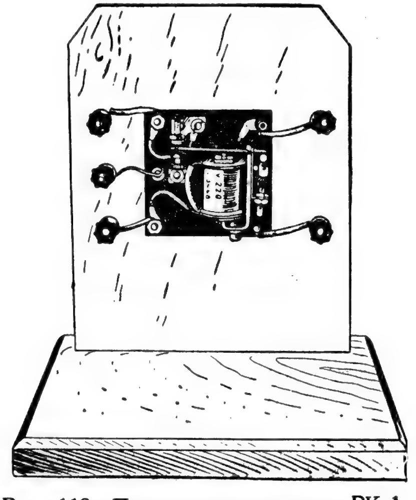


Рис. 113. Промежуточное реле РК-1.

Инкубатор «Рекорд» — полностью автоматизированное устройство. Температура в нем поддерживается с точностью до 0,1° С. Управление обогревом производится от манометрического реле или от контактного термометра (переключение осуществляется на щите). Таким образом, в данном автоматическом устройстве датчиком является или контактный термометр или манометрическое реле.

У контактного термометра в трубку капилляра впаяны два тонких проводника — контакта: один — около де-

ления 37,5° С, а другой — ниже этого деления. При температуре 37,5° С контакты в капилляре оказываются замкнутыми столбиком ртути. Но контакты термометра рассчитаны на включение токов небольшой величины. Поэтому в цепь контактного термометра включается промежуточное реле РК-1, которое в свою очередь находится в цепи плунжерного реле, управляющего работой нагревательных элементов.

Плунжерное реле (рис. 112) представляет собой катушку электромагнита *1*, внутри которой находится стеклянная ампула со ртутью *3* и стальным поплавком *2*.

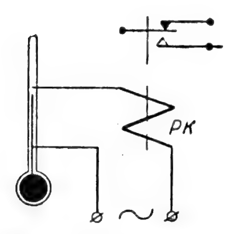


Рис. 114. Схема включения промежуточного реле.

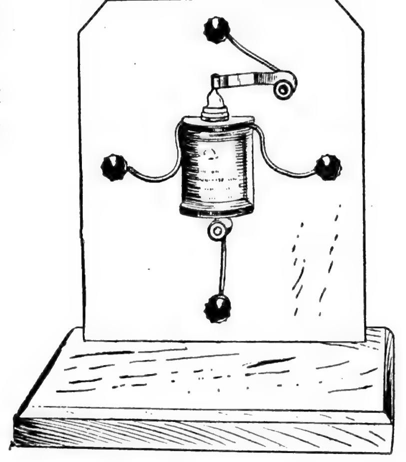


Рис. 115. Плунжерное реле.

Когда через обмотку электромагнита проходит ток, стальной поплавок, втягиваясь магнитным полем, погружается в ртуть, вытесняя ее. При этом ртуть замыкает контакты цепи нагревательных элементов *4*.

III. Ход работы: 1. Ознакомиться с устройством контактного термометра. Обратить внимание на надписи, сделанные на капиллярной трубке, и при какой температуре столбик ртути замкнет контакты.

2. Ознакомиться с устройством промежуточного реле РК-1 (рис. 113). Обратить внимание на короткозамкнутый виток, надетый на раздвоенный магнитопровод. (Сделано это с целью уменьшения вибрации якоря, вызываемой прохождением переменного тока по обмотке реле.) Найти выводы обмотки реле. Записать паспортные данные.

3. Проследить за работой реле РК-1, включая его в цепь напряжения 220 *в* (рис. 114). Если якорь реле вибрирует, ослабить натяжение пружины.

4. Ознакомиться с устройством ртутного плунжерного реле (рис. 115). Разобрать реле. При каком положении ампулы контакты реле не замкнуты?

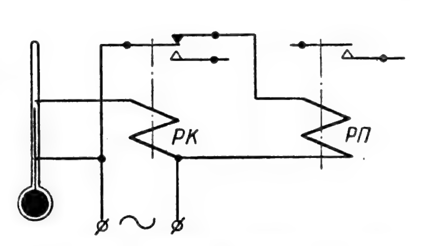


Рис. 116. Схема включения плунжерного реле.

5. Понаблюдать за работой реле, включая его в сеть (рис. 116). Изменяя положение стеклянной ампулы в катушке, добиться полного погружения поплавка при включении тока в обмотку катушки.

6. Собрать схему устройства автоматического регулирования температуры (рис. 117). Контактный термометр поместить над нагревателем на высоте 30—40 *см*.

7. Включить в сеть и проследить за работой устройства. При помощи ртутного термометра вести контроль температуры воздуха вблизи контактного термометра.

8. Придумать, вычертить и собрать схему автоматического включения лампочек сигнализации: красная — нагреватель включен, зеленая — нагреватель выключен.

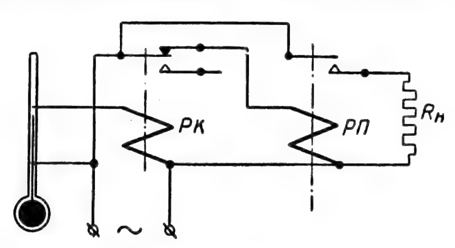


Рис. 117. Схема устройства для регулирования температуры воздуха.

IV. Содержание отчета: 1. Название и цель работы.

2. Перечень изучаемого оборудования.

3. Паспортные данные приборов.

4. Схемы включения приборов.

V. Методические замечания учителю. При постановке данной работы преследуется цель ознакомления учащихся с устройством автоматического регулирования. Кроме того, учащиеся приобретают навык в сборке схем автоматики.

Восьмой пункт задания способствует развитию у учащихся инициативы и технической смекалки, одновременно знакомя их с автоматической сигнализацией.

В данной работе использованы приборы, входящие в схему автоматики колхозного инкубатора «Рекорд-39». Учитывая большое распространение данных автоматизированных инкубаторов, можно надеяться, что приобретение необходимых для работы приборов не составит большого труда для учителей как городских, так и сельских школ.

С целью предупреждения повреждения контактного термометра, а также для удобства обращения с ним контактный термометр крепится на планке из органического стекла (рис. 118). На этой же планке устанавливаются



Рис. 118. Контактный термометр на панели.

клеммы соединения. В качестве нагревателя используется обычная электрическая плитка. Нет надобности помещать нагреватель и датчик в закрытую камеру — термостат. В открытой установке изменение температуры воздуха над нагревателем будет происходить интенсивно, и учащиеся в течение небольшого промежутка времени смогут наблюдать несколько срабатываний приборов автоматики.

Сигнальные лампочки окрашиваются в красный и зеленый цвета любым известным способом.

Реле РК-1 имеет один нормально открытый контакт. Чтобы включить зеленую лампочку, надо установить реле РК-2 или на реле РК-1 укрепить второй нормально открытый контакт. Сделать его необходимо пружинящим из полоски латуни или бронзы. Жесткий контакт вызовет вибрацию якоря.

Работа № 3

Тема: **Изучение магнитного пускателя**

I. Оборудование: 1. Магнитный пускатель П-222 м.

2. Кнопочная станция.

3. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, оснащенный ленточным тормозом.

II. Ознакомление с содержанием работы. Магнитный пускатель переменного тока состоит из контактора и тепловых реле. Он широко применяется для управления электродвигателями с короткозамкнутым ро-

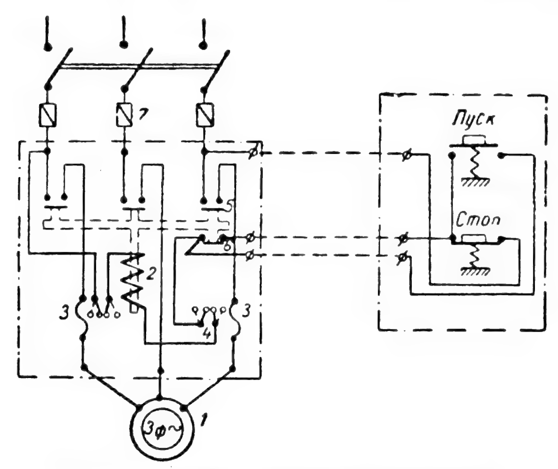


Рис. 119. Схема магнитного пускателя:

1 — управляемый двигатель; *2* — электромагнит; *3* — нагревательный элемент; *4* — тепловое реле; *5* — контакты НО; *6* — блок-контакт; *7* — предохранители.

тором. Современные конструкции магнитных пускателей имеют контакторы с прямолинейным движением.

Контактор состоит из магнитной системы, узла крепления якоря электромагнита к подвижной траверсе, короткозамкнутых витков на кернах магнитной системы, подвижных и неподвижных контактов. Узлы и детали монтируются на основании из листовой стали.

Электрическая схема дана на рисунке 119.

Для защиты двигателя от перегрузки стоит тепловое

реле *4* с нагревательным элементом *3*. Но тепловые реле обладают значительной тепловой инерцией, и поэтому они не обеспечивают защиты от токов короткого замыкания. Для защиты от внезапных коротких замыканий в цепи главного тока устанавливаются плавкие предохранители *7*.

Управление контактором производится двумя кнопками. Кнопка «пуск» нормально разомкнута, а кнопка «стоп» в нормальном положении замкнута. При нажатии кнопки «пуск» происходит включение электромагнита *2*. Якорь контактора, притягиваясь к электромагниту включит контакты *5* в цепь двигателя и вспомогательный контакт *6*, который блокирует кнопку «пуск». Теперь кнопку можно опустить, двигатель останется включенным. Для остановки двигателя достаточно нажать кнопку «стоп».

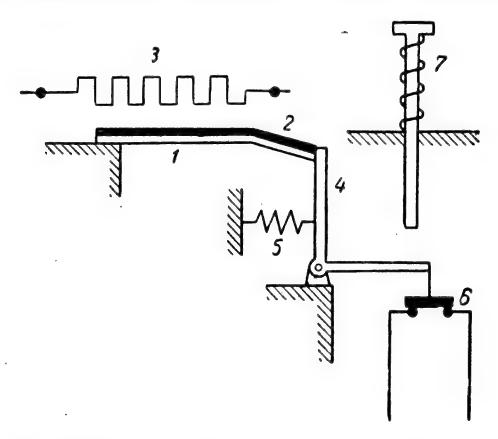


Рис. 120. Схема устройства теплового реле:

1, 2 — биметаллическая пластина; *3* — нагреватель; *4* — рычаг; *5* — пружина; *6* — контакты электромагнитного контактора; *7* — кнопка пуска.

При этом цепь электромагнита контактора разорвется, и якорь под действием силы тяжести или пружины разорвет контакты *5*. Двигатель остановится.

Основной деталью теплового реле (рис. 120) является биметаллическая пластинка *1*, состоящая из двух сваренных тонких пластинок из металлов, имеющих различные коэффициенты теплового расширения, благодаря чему она при нагревании изгибается. Пластинка нагрева-

ется электрическим током, проходящим по цепи двигателя через нагреватель *3*. Если ток в цепи превысит нормальный более чем на 20%, то биметаллическая пластинка нагреется, начнет изгибаться вверх, освободит рычаг *4*, который под действием пружины *5* повернется и

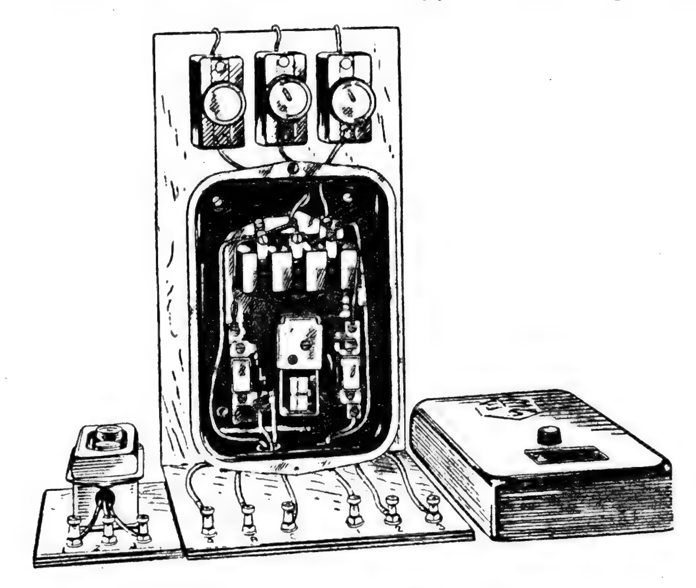


Рис. 121. Магнитный пускатель на панели.

разорвет контакты *6* в цепи электромагнитного контактора, а это вызовет остановку двигателя. По истечении 3—4 минут после выключения (вследствие перегрева обмоток) двигатель можно повторно включить, вернув рычаг *4* в первоначальное положение кнопкой *7*. В случае значительного падения или исчезновения напряжения в сети также происходит выключение двигателя. Повторный пуск двигателя в этом случае возможен лишь при нажатии кнопки «пуск», что гарантирует от «самопуска».

III. Ход работы: 1. Ознакомиться с конструкцией пускателя (рис. 121). Найти тепловые реле и их основные детали. Найти блок-контакты.

2. Собрать схему, включив в качестве управляемого объекта трехфазный двигатель небольшой мощности.

3. Пользуясь ленточным тормозом, увеличить нагрузку так, чтобы сработало тепловое реле вследствие увеличения тока в цепи.

4. Осуществить повторное включение двигателя.

IV. Содержание отчета: 1. Название и цель работы.

2. Перечень используемого оборудования с паспортными данными.

3. Схема пути тока в магнитном пускателе при нажатой кнопке «пуск».

4. Схема пути тока во включенном магнитном пускателе при опущенной кнопке «пуск».

5. Схема теплового реле.

V. Методические замечания учителю. Практическая работа с магнитным пускателем знакомит учащихся с одним из наиболее распространенных приборов автоматического управления.

Приобретение оборудования для данной работы вряд ли вызовет затруднение. Магнитный пускатель того или иного типа найдется в каждом кабинете электротехники или в каждой школьной мастерской.

В боковой стенке корпуса пускателя вырезают окно для наблюдения за работой теплового реле. Для того чтобы тепловое реле срабатывало от небольшого тока, надо спираль нагревательного элемента заменить спиралью из более тонкой проволоки.

Для нагрузки двигателя используют ленточный тормоз.

Работа № 4

Тема: **Сборка устройства максимальной токовой защиты**

I. Оборудование: 1. Реле максимального тока. ЭТ-71/10.

2. Реле времени ЭВ-1.

3. Промежуточное реле ЭП-101-А.

4. Выпрямитель на 220 *в*.

5. Ламповый реостат.

6. Амперметр.

II. Ознакомление с содержанием работы. Для обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения на электрических подстанциях применяют за-

щиту от ненормальных режимов работы. Познакомимся с аппаратурой релейной защиты.

Реле максимального тока (рис. 122) состоит из сердечника *1*, изготовленного из листовой трансформаторной стали. На полюсные наконечники надеваются катуш-

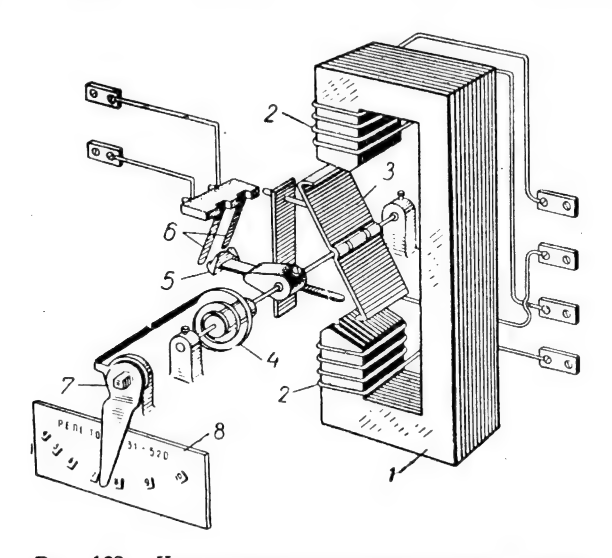


Рис. 122. Конструкция реле максимального тока:

1 — сердечник; *2* — обмотки; *3* — якорь; *4* — пружина; *5* — контактный мостик; *6* — контактные пружины; *7* — стрелка-указатель; *8* — шкала.

ки с обмоткой *2*. Между полюсными наконечниками вращается на оси стальной Z-образный якорь *3*. Пружина *4* противодействует вращению якоря. Натяжение противодействующей пружины регулируется стрелкой-указателем *7*, скользящей по шкале *8* с делениями градуировки в амперах. На оси крепится контактный мостик *5*, замыкающий при вращении якоря контактные пружины *6*.

Действие реле основано на том, что при увеличении тока в обмотке полюсов сердечника сверх допустимого значения магнитное поле, действующее на якорь, преодолевает противодействие пружины, якорь поворачивается и замыкает контакты, включенные в цепь сигнализации или устройства, отключающего цепь. После того как в цепи ток прекратится или уменьшится, якорь под дейст-

вием пружины повернется в обратную сторону и контакты разомкнутся.

Устройство электромагнитного реле времени изображено на рисунке 123. В этом реле ведущая пружина *11* нормально растянута (заведена), палец *9* упирается в

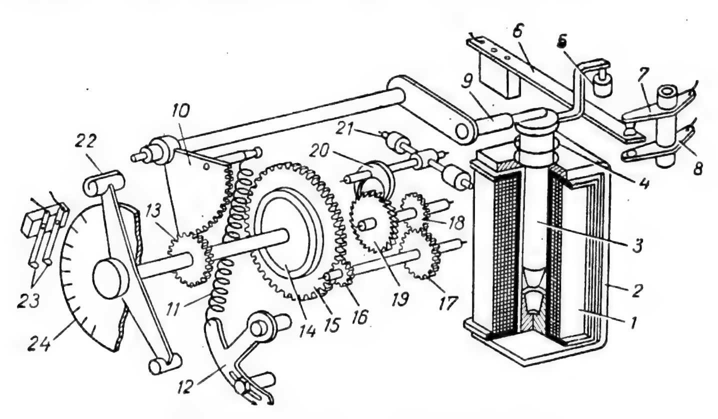


Рис. 123. Конструкция реле времени:

1 — обмотка реле; *2* — корпус реле; *3* — якорь реле; *4* — пружина; *5* — толкатель; *6* — контакт подвижный; *7*, *8* — контакты неподвижные; *9* — палец; *10* — зубчатый сектор; *11* — пружина ведущая; *12* — регулятор натяжения пружины; *13* — шестерня; *14* — фрикционное сцепление; *15*, *16*, *17*, *18* — система шестерен; *19*, *20*, *21* — часовой механизм; *22* — контакт установки времени выдержки; *23*—неподвижный контакт установки времени выдержки; *24* — шкала времени выдержки.

верхнюю часть якоря *3* и тем самым удерживает пружину.

При подаче напряжения на обмотку реле *1* якорь *3*, сжимая возвратную пружину *4*, втягивается и освобождает палец *9*. Под влиянием ведущей пружины *11* зубчатый сектор *10* начинает вращаться и вращать сцепленную с ним шестерню *13*, которая в свою очередь вращает валик с укрепленным на нем подвижным контактом *22*.

При начале вращения валика происходит его сцепление с ведущей шестерней *15* посредством фрикционного сцепления *14*.

Ведущая шестерня *15* посредством сцепления с шестерней *16* и промежуточными шестернями *17* и *18* связана с часовым механизмом *19*, *20*, *21*.

Величина выдержки времени зависит от расстояния между начальным положением подвижного контакта *22*

и неподвижными контактами *23,* которые можно перемещать по шкале *24.*

Кроме регулируемых контактов *22* и *23,* реле времени имеет мгновенный контакт на переключение, состоящий из неподвижных контактов *7* и *8* и подвижного контакта *6.*

Промежуточное реле используется для усиления электрических сигналов, увеличения числа цепей, по которым передается сигнал автоматического датчика, для осуществления одновременного замыкания и размыкания отдельных цепей управления.

Когда электрический сигнал проходит по катушке *2* (рис. 109), якорь *3,* притягиваясь к магнитопроводу *1,* размыкает одни контакты и размыкает другие.

Рассмотрим действие максимальной токовой защиты (рис. 124). При увеличении тока в цепи до величины выше допустимой сработает реле максимального тока. Но для того, чтобы схема не срабатывала при случайных отклонениях величины тока от нормальных значений, в схеме стоит реле времени, настроенное на определенную выдержку. Если в течение заранее определенного времени ток не снизится до нормального значения, реле времени приведет в действие промежуточное реле, уже непосредственно действующее на отключение масляного выключателя. С целью упрощения нашей схемы разрыв цепи главного тока будет производиться промежуточным реле.

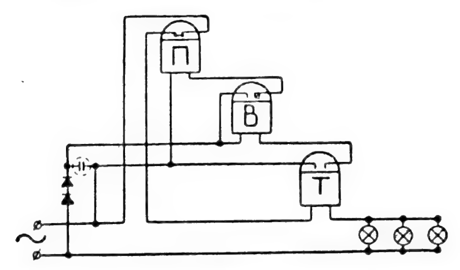


Рис. 124. Схема максимальной токовой защиты.

III. Ход работы: 1. Ознакомиться с реле максимального тока (рис. 125). Найти выводы обмотки реле. Записать паспортные данные.

2. Включая реле, пронаблюдать за его работой, научиться регулировать величину максимального тока (рис. 126).

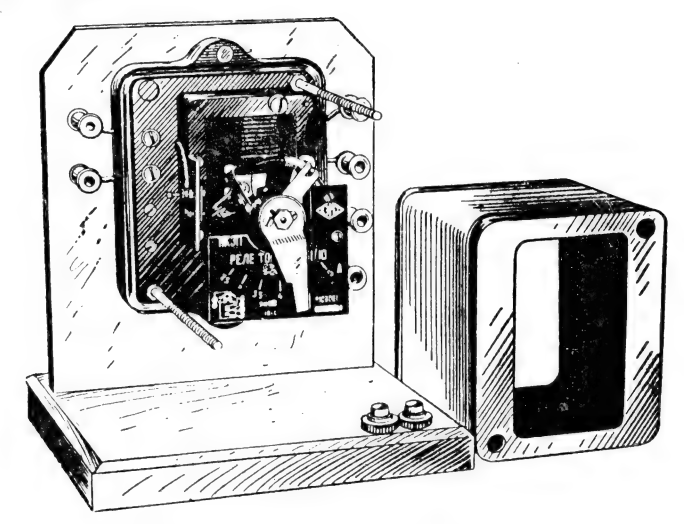


Рис. 125. Реле максимального тока на панели.

3. Ознакомиться с устройством реле времени (рис. 98). Найти выводы обмотки реле, рабочих контактов, блок-контактов.

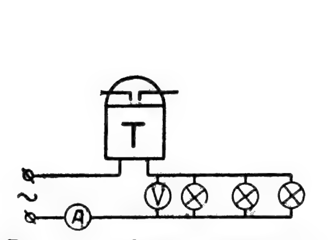


Рис. 126. Схема включения максимального токового реле.

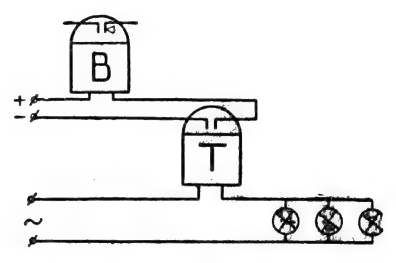


Рис. 127. Схема включения реле времени.

4. Включая реле времени (рис. 127), пронаблюдать его работу. Научиться устанавливать выдержку времени.

5. Собрать устройство максимальной токовой защиты и проверить его работу (рис 124).

6. В схеме рисунка 124 с увеличением тока возникают автоколебания, при которых цепь то включается, то выключается. Используя контакты *6, 7, 8* реле времени, составить такую цепь, при которой сеть оставалась бы отключенной и после того, как величина тока снизилась.

IV. Содержание отчета: 1. Название и цель работы.

2. Перечень используемого оборудования.

3. Схемы включения приборов.

4. Паспортные данные приборов.

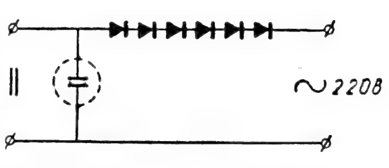


Рис. 128. Схема устройства выпрямителя.

V. Методические замечания учителю. Сборка устройства максимальной токовой защиты знакомит учащихся с методом релейной защиты, имеющей большое значение в энергетике. Для постановки работы можно использовать следующие типы реле: ЭТ-520, ЭТ-523, ЭТ-60, ЭТ-70 и т. д. Перемотав обмотки,

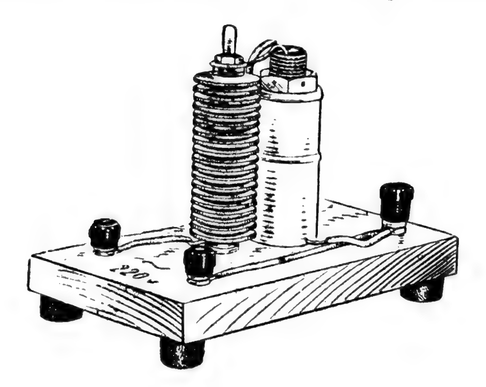


Рис. 129. Выпрямитель.

можно переделать реле на большой ток срабатывания. При этом следует учесть, что число ампер-витков должно остаться неизменным.

Реле времени и промежуточное реле одного и того же типа выпускаются с питанием различным напряжением. Разумеется, следует позаботиться о подборе реле, рас-

считанных на одно напряжение. В том случае, если оперативный ток должен быть постоянным, необходимо изготовить простейший выпрямитель с селеновым столбиком или с германиевым диодом (рис. 128 и 129).

Приборы для данной работы можно приобрести на электростанциях, подстанциях, а также на базах сельэлектро.

Наиболее подготовленным учащимся можно дать дополнительное задание: придумать и собрать устройство автоматического включения аварийного освещения.

Работа № 5

Тема: **Сборка и испытание фотореле**

I. Оборудование: 1. Лампа электронная типа 6С2 (6Ф6 или 6П6).

2. Фотоэлемент СЦВ-4 (или ЦГ-3).
3. Телефонное реле типа 100.
4. Сопротивление 20 $\div$ 60 *Мом.*
5. Конденсатор 2,0 *мкф.*
6. Звонок и электромотор на 4—12 *в.*
7. Источник тока на 4—12 *в.*
8. Трансформатор на 220/6,3 *в.*

II. Ознакомление с содержанием работы. Фотоэлектроника в последние годы широко используется во многих областях народного хозяйства и в научно-исследовательской практике. Перспективы ее дальнейшего развития поистине неисчерпаемы. Фотоэлектроника создает базу для мощного развития автоматики и телемеханики, повышения производительности труда и улучшения техники безопасности, проведения научных и производственных исследований на высоком техническом уровне.

Фотоэлементы — основная часть фотореле — получили название «электрического глаза», но по быстроте восприятия «электрический глаз» намного превосходит глаз человека.

Познакомимся с принципиальной схемой фотоэлектронного реле (рис. 130). При положительном потенциале на правой клемме трансформатора путь тока в анодной цепи будет от анода к катоду и через катушку электромагнитного реле к левой клемме.

При прохождении тока в анодной цепи на обмотке электромагнитного реле будет наблюдаться падение напряжения, но сетка будет иметь потенциал катода. Если на фотоэлемент падает свет, то в его цепи возникает фототок, который на сопротивлении *R* создаст падение напряжения, достаточное для подачи на сетку отрицательного потенциала и запирания лампы. Следовательно, при освещении фотоэлемента ток в анодной цепи электронной лампы прекращается. Изменение тока в анодной цепи регистрируется электромагнитным реле, к контак-

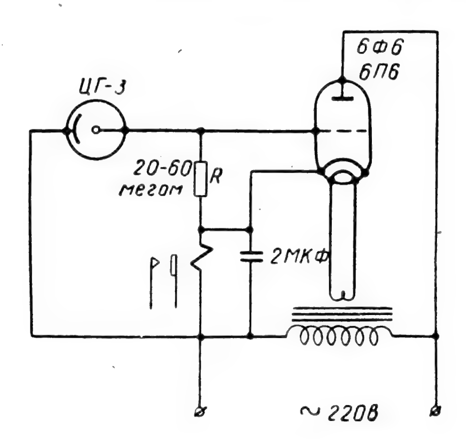


Рис. 130. Схема фотореле.

там которого можно подключить любое устройство. В зависимости от выбора контактов управляемое устройство будет включаться или при появлении тока, или при его исчезновении.

Таким образом, в данном автоматическом устройстве фотоэлемент является датчиком, электронная лампа — усилителем сигнала датчика, а электромагнитное реле — исполнительным устройством. Так как через обмотку реле проходит пульсирующий ток, то во избежание вибрации якоря параллельно обмотке включается конденсатор на 2,0 *мкф*. В качестве источника света может быть использована лампочка накаливания или дневной свет.

III. Ход работы: 1. Ознакомиться с конструкцией приборов, входящих в схему (рис. 82, 83, 84). Найти вы-

воды замыкающихся и размыкающихся контактов электромагнитного реле. Определить выводы анода и катода фотоэлемента.

2. Выполнить электрический монтаж схемы.

3. Включить схему в цепь питания, проверить работу реле.

4. Включить в исполнительную цепь звонок и моторчик. Контакты использовать таким образом, чтобы при затемнении фотоэлемента выключался мотор и начинал работать звонок.

IV. Содержание отчета: 1. Название и цель работы.

2. Перечень изучаемого оборудования с паспортными данными.

3. Схемы включения приборов. (Показать путь тока при положительном и отрицательном потенциале на правой клемме.)

V. Методические замечания учителю. Цель данной работы — ознакомление учащихся на примере несложного электронного реле с наиболее перспективной отраслью автоматики — электронной автоматикой.

Приборы, используемые в данной работе, — самодельные.

Для выделения отдельных частей автоматического устройства они монтируются на отдельных вертикальных стойках.

С целью сокращения необходимого для монтажа времени некоторые детали заранее укреплены на своих местах (конденсатор, сопротивление).

Там, где особенности конструкции приборов препятствуют ознакомлению с электрической схемой соединений, схема нанесена на панель (электронная лампа, фотоэлемент).

Необходимые контакты у электромагнитного реле учащиеся должны отыскать сами.

Для защиты фотоэлемента от рассеянного света он во время работы закрывается колпаком с тубусом.

Электромагнитное реле должно иметь обмотку сопротивлением 2—3 тыс. *ом*. Чаще всего телефонные реле имеют обмотку меньшего сопротивления, поэтому катушка перематывается проводом ПЭЛ 0,08—0,1 до заполнения каркаса.

ПРИЛОЖЕНИЕ

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

1. Провода, шины и их соединения

Наименование	Обозначение	
	однолинейное	многолинейное
Соединение электрическое	а б	
Провода пересекающиеся без электрического (металлического) соединения		
Провода пересекающиеся, электрически (металлически) соединенные, и провода ответвляющиеся		а б
Шина		
Земля		
Соединение провода с корпусом		
Контакт аппарата, выведенный на сборку зажимов, например панели	а б	

2. Машины вращающиеся

Наименование	Обозначение	
	однолинейное	многолинейное
Машина вращающаяся (без указания исполнения ротора или якоря). Общее обозначение		
Электродвигатель асинхронный трехфазный с коротко замкнутым ротором		
Машина постоянного тока		

3. Трансформаторы и автотрансформаторы

Наименование	Обозначение	
	многолинейное	многолинейное с указанием обмоток
Трансформатор однофазный с сердечником и с экраном между обмотками		
Трансформатор однофазный с сердечником		
Трансформатор тока с одной вторичной отмоткой		

4. Выпрямители (вентили) полупроводниковые и ртутные

Наименование	Обозначение
Вентиль — Общее обозначение Вентиль полупроводниковый Вентиль ртутный	

5. Приборы измерительные

Наименование	Обозначение
Прибор измерительный — показывающий	
Прибор измерительный — регистрирующий (записывающий)	
Счетчик	
Термоэлемент	
Термоэлемент с прямым подогревом	
Термоэлемент с косвенным подогревом	

6. Контакты и реле

Наименование	Обозначение
Катушка контактора: *а*—общее обозначение, *б* — допустимое для двух параллельно включенных катушек	
Катушка напряжения реле	60°
Катушка токовая реле	60°
Нагревательный элемент теплового реле	
Контакт нормально открытый (НО): *а* — общее обозначение; *б* и *в* — допустимые в схемах радиотехники и связи	
Контакт нормально закрытый (НЗ): *а* — общее обозначение; *б* и *в* — допустимые в схемах радиотехники и связи	
Контакт нормально закрытый (НЗ), переключающий с цепи первой на цепь вторую, при наличии общей точки: *а* — общее обозначение, *б* и *в* — допустимые в схемах радиотехники и связи	
Контакт нормально открытый (НО) с гашением	
Контакт нормально закрытый (НЗ) с гашением	

Наименование	Обозначение
Контакт нормально открытый (НО) с защелкой, с электромагнитным возвратом. Катушка возврата изображается отдельно	
Контакт нормально закрытый (НЗ) с защелкой, с электромагнитным возвратом. Катушка возврата изображается отдельно	
Контакт нормально открытый (НО) с выдержкой времени при закрывании	
Контакт нормально открытый (НО) с выдержкой времени при открывании	
Контакт нормально открытый (НО) с выдержкой времени при закрывании и открывании	
Контакт нормально закрытый (НЗ) с выдержкой времени при открывании	
Контакт нормально закрытый (НЗ) с выдержкой времени при закрывании	
Контакт нормально закрытый (НЗ) с выдержкой времени при открывании и закрывании	
Реле. Общее обозначение	

7. Сопротивления

Наименование	Обозначение
Сопротивление нерегулируемое. Общее обозначение. Сопротивление **активное.** Сопротивление омическое	
Сопротивление регулируемое. Общее обозначение	
Сопротивление регулируемое без разрыва цепи, со скользящим контактом	
Сопротивление индуктивное с сердечником (дроссель)	
Конденсатор нерегулируемый. Сопротивление емкостное, нерегулируемое	
Конденсатор регулируемый. Сопротивление емкостное, регулируемое	

8. Командо-аппараты

Наименование	Обозначение
Кнопка с самовозвратом с нормально открытым (НО) контактом	
Кнопка с самовозвратом с нормально закрытым (НЗ) контактом	
Выключатель путевой или конечный с нормально открытым (НО) контактом	
Выключатель путевой или конечный с нормально закрытым (НЗ) контактом	

9. Выключатели, переключатели и разъединители

Наименование	Обозначение	
	однолинейные	многолинейные
Выключатель мощности трехполюсный автоматический воздушный автомат		
Штепсельное соединение в выдвигаемых разъемных устройствах и аппаратах		

10. Аппараты разные

Наименование	Обозначение
а) Аппараты сигнализации	
Звонок электрический	
Сирена электрическая, гудок ревун	
Лампа сигнальная*	

б) Аппараты защиты от перенапряжений и предохранители

Разрядник. Общее обозначение	
Предохранитель плавкий	
в) Электромагниты	
Электромагнит с параллельной обмоткой	
Электромагнит с последовательной обмоткой	

* При необходимости под обозначением ставят начальную букву слова, указывающего цвет стекла или сигнализируемое состояние: Б — белый, К — красный, А — авария, В — включено и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

«Автоматизация в машиностроении», Машгиз, 1957.

Аш З. Э., Реле, Военгиз, 1957.

Быховский Я. Л., Телемеханика и ее применение, Трудрезервиздат, 1956.

Вершинин Н. И., Верцайзер А. Л., Яковлев В. М., Автоматическое регулирование, ГЭИ, 1959.

Гинзбург С. А., Лехтман И. Я., Малов В. С., Основы автоматики и телемеханики, ГЭИ, 1959.

Гонек Н. Ф., Ивин М. Е., Рассказы об автоматике, Детгиз, 1957.

Доманский Б. И., Введение в автоматику и телемеханику, ГЭИ, 1950.

Егоров К. В., Основы автоматического регулирования, ГЭИ, 1955.

Жерехов Т. И., Политехническое обучение в демонстрационных опытах, Учпедгиз, 1957.

«Известия АПН РСФСР. Вопросы методики обучения физике», вып. 10, 1959.

Клементьев С. Д., Телеавтоматика, Учпедгиз, 1955.

Клементьев С. Д., Фотоэффект и его технические применения, Учпедгиз, 1957.

Ляпунов Б. В., Автоматы — крылья семилетки, Детгиз, 1960.

Москалев А. Г., Реле защиты и автоматики, М., 1957.

Попов В. К., Элементы электроавтоматики, Машгиз, 1947.

Справочник по элементам автоматики и телемеханики, ГЭИ, 1958.

Смирнов А. В., Синхронно-следящие устройства, Воениздат, 1958.

Темников Ф. Е. и Харченко А. Р., Электрические измерения неэлектрических величин, ГЭИ, 1948.

Храмой А. В., Очерк истории развития автоматики в СССР, АН СССР, 1956.

Шляндин В. М., Элементы автоматики и телемеханики, Оборонгиз, 1954.

Журнальные статьи.

Зворыкин Б. С., Приборы по автоматике, радиосвязи и радиоуправлению, ж. «Физика в школе», 1959, № 5.

Израилев Г. М., Опыты по релейной защите, ж. «Физика в школе», 1960, № 6.

Сметанин Б. М., Электронное реле, ж. «Физика в школе», 1950, № 3.

Сметанин Б. М., Электропривод и аппаратура управления в курсе электротехники, ж. «Физика в школе», 1960, № 6.

Сапожников А. В., Опыт ознакомления учащихся с автоматикой в курсе электротехники, ж. «Политехническое обучение», 1958, № 8.

СОДЕРЖАНИЕ

Станислав Андреевич Хорошавин

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ В КУРСЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Редакторы *Т. С. Лапидус, И. М. Клейман*
Обложка художника *Е. А. Десятова*
Художественный редактор *Б. Л. Николаев*
Технический редактор *М. И. Смирнова*
Корректор *В. А. Захарова*

* * *

Сдано в набор 31/X 1962 г. Подписано к печати 9/II 1963 г. $84 \times 108^{1}/_{32}$. Печ. л. 10,75 (8,81). Уч.-изд. л. 8,17. Тираж 21 тыс. экз. А02247.

* * *

Учпедгиз. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41

Полиграфкомбинат Приволжского совнархоза, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.

Заказ № 221.
Цена 22 коп.


Цена 22 коп.